

# DYNAMO

DANMARKS TEKNISKE UNIVERSITET > DECEMBER 2007 > NR. 11



## Klima

Verden står over for store udfordringer  
DTU er dybt engageret i at finde løsninger



CONNIE HEDEGAARD

Alle har  
et ansvar

14

KAPLØB

Røg med  
mindre CO<sub>2</sub>

36

REACH

Vidtrækkende  
kemikalielov

40

## INDHOLD >

### LEDER

### TEMA: KLIMA



### SUNDHED

### FRA HISTORIEBØGERNE

### FØDEVARESIKKERHED

### DTU'S LEDELSE OG ORGANISATION

### DET SKER PÅ DTU

### DTU ALUMNI

3 Klima, holdninger og handling

6 Våde kældre kan varsles  
9 Byggeriet kalder på indsats  
10 Den danske model  
14 Alle har et ansvar  
16 Nye fisk på krogen  
20 Iskolde facts  
25 Skriften på væggen for klimaet  
26 Stærkt dansk bidrag til FN's klimapanel  
28 Danske planter tilpasser sig  
32 Sikre kyster som eksportartikel  
34 Ny teori om Jordens opvarmning  
35 Brug lys asfalt, når permafrosten tør  
36 CO<sub>2</sub>-fattig røg

40 Er der noget giftigt indeni?

43 Da energirigtigt byggeri trådte sine barnesko

44 Salmonella succes

50 DTU's ledelse og organisation

52 Institutter m.m.

55 Kalender

56 Det bli'r i familien

58 Jagten på forsvundne alumner

59 Kort nyt

6



16



20



28



36





## KLIMA, HOLDNINGER OG HANDLINGER

Ikke uden grund er den globale opvarmning og klimaudviklingen på vor planet i det hele taget kommet på såvel den politiske som den videnskabelige dagsorden og bestemt ikke uafhængigt af hinanden.

Det er i virkeligheden ikke ret mange år siden, at behandlingen af klimaproblemer som en del af den bredere miljødebat hovedsagelig udspillede sig på det rent holdningsmæssige plan. Debatten var i ikke ringe grad scenariebaseret, hvor det var svært at skelne mellem indsigt og tankespind, mellem frygt og frelsthed, mellem realitetssans og laissez-faire.

Sådan er det bestemt ikke længere. Klimadebatten er i dag i høj grad præget af ønsket om at vinde indsigt. På videnskabeligt grundlag at opbygge viden og vurdere konsekvenser, hvilket dog ikke er nogen garanti for entydighed i svarene. Den politiske debat handler i høj grad om at tage bestik af udviklingen, således som den på vort nuværende stade erkendes naturvidenskabeligt, og om at "nu må der gøres noget". Men hvad skal der gøres?

Der skal rimeligvis gennemføres en række omfattende politiske processer i verdenssamfundet, så der kan opnås en form for fælles forståelse og udmøntes en form for fælles plan, – en politisk opgave jeg ikke har den fjerneste forstand på. Til gengæld er jeg ret sikker på, at debatten i høj grad kommer til at handle om økonomi. Hvad betyder indgreb for den økonomiske vækst og fordeling, hvor meget skal der økonomisk satses på

klodens klimaproblemer? Men uanset om der er politisk vilje, indsigt og enighed, uanset om der er økonomisk mulighed og slagkraft til at gøre noget, så står det stadig tilbage: Hvad skal der gøres? Hvordan bringes holdning til handling, hvis man ikke ved, hvorledes man kan eller skal handle?

Her kommer teknisk videnskab ind. Hvor naturvidenskabelig forskning kan afdække sammenhænge og give indsigt, er erkendelse netop ikke nok. Det er gennem teknisk videnskab, ikke mindst teknisk grundvidenskab, at vilje og penge kan transformeres til løsninger. Teknisk videnskab er en kreativ videnskab, der skaber nyt. En videnskab der afdækker, hvorledes man gennem syntese af mange slags viden, mange slags indsigt og en god portion intuition skaber løsninger, menneskeskabte løsninger. DTU's iboende integrerede samspil mellem naturvidenskab og teknisk videnskab giver ganske særlige muligheder og dermed også en ganske særlig forpligtelse til i samspil med det politiske system og erhvervslivet at bidrage til løsninger. Løsninger for Danmark og for det globale samfund.

Lars Pallesen  
Rektor



# TEMA OM KLIMA

Alle taler om den globale opvarmning og ændringer af klimaet. De færreste gør sig dog klart, hvad vi reelt står overfor. På de kommende sider fremlægges den nyeste viden – område for område. Hvilke teknologier og beslutninger skal sikre os i fremtiden?





Mogens Henze i gang med at måle luftkvaliteten i denne solidt byggede kloak, der stadig er så god som ny, selv om den er fra 1869. På en dag uden regn er vandstanden som på billedet, men hvis det regner voldsomt, bliver kloakken fuldstændig fyldt, og hele kloaknettet kommer under pres.

# VÅDE KÆLDRE KAN VARSLER

Advarsler på SMS og over radioen kan give os tid til at få de dyre malerier op af kælderen, inden uvejret rammer. Men hvis vi helt vil afværge, at kloakker ind imellem bliver overbelastet, skal der et markant kursskifte til

**MORTEN ANDERSEN >**

"Skynd dig hjem. Din kælder vil stå under vand om 2-3 timer."

En SMS med nogenlunde dette indhold kan blive en del af hverdagen om få år.

"Alle prognoser peger på, at vi vil få kraftigere regnskyl som følge af klimaændringerne. Men heldigvis bliver meteorologerne dygtigere til at forudse, hvor regnen vil komme. Samtidig er kloakkerne kortlagt digitalt. Kombineret med it-løsninger åbner det mulighed for, at boligejeren kan blive varslet, så man kan nå hjem og sikre sin kælder eller i det mindste sørge for, at de mest værdifulde ting fra kælderen kommer i sikkerhed," siger professor Mogens Henze, Institut for Miljø og Ressourcer, DTU.

Han er ikke i tvivl om, at vi skal vænne os til, at kloakkerne stadig oftere vil blive overbelastede:

"Vi har et stort efterslæb i vedligeholdelsen af kloakkerne. Samtidig har det været almindeligt at koble nye bydele på uden at udvide det grundlæggende kloaknet. Desuden løber langt mere regnvand end tidligere i kloakkerne, fordi stadig større arealer bliver dækket af fliser og asfalt. Oven i alt dette kommer så klimaændringerne med udsigten til de kraftigere regnskyl."

#### **Tekniske løsninger kan mildne**

Mogens Henze er formand for en arbejdsgruppe under Akademiet for de Tekniske Videnskaber (ATV),

som beskæftiger sig med det danske afløbsnet. Det vil sige kloakker og rensningsanlæg.

ATV har opgjort værdien af det danske kloaknet til 245-300 mia. kr. Hvis nettet skulle etableres i dag, ville det være prisen. Man regner normalt med, at en kloakledning holder mellem 50 og 100 år. Med en grov udregning får man, at der minimum skal investeres 3 mia. kr. om året, for at nettet bevarer sin værdi. Men ifølge tal, som ATV har indhentet fra kommunerne, bliver det kun vedligeholdt for et sted mellem 1,0 og 1,5 mia. kr. om året. Med andre ord øges efterslæbet med et sted mellem 1,5 og 2,0 mia. hvert år.

Det vil kræve en helt anden kurs, hvis kloaksystemet skulle blive i stand >>

Det er et problem, når kloakvand, der er løbet over i forbindelse med kraftigt regnsky, bliver fanget i en zone, hvor det hverken kan løbe ud mod havet eller ned i kloakkerne.

til at håndtere de store regnmængder i fremtidens klima. Det ville dog heller ikke være fornuftigt, mener Mogens Henze:

”Det ville svare til, at man udvidede motorvejene, så de blev i stand til at klare selv den værste påsketraffic.”

Dermed ikke sagt, at man skal opgive at mildne problemerne. Blandt de tekniske løsninger kunne man overveje at lægge fliser på en sådan måde, at vand kan sive ned i mellemrummene. En anden mulighed er faskiner. Det er nedgravede brønde, som letter nedsivningen af regnvand fra tage.

”Endelig skal vi planlægge, hvor vandet skal flyde hen, når det virkelig regner. Har man for eksempel en eng eller en fodboldbane, er det bedre, at den bliver oversvømmet end et villa-kvarter eller rådhuset. På længere sigt skal vi bygge vores byer anderledes, så man på forhånd tager højde for problematikken.”

#### Mere ekstremt højvande

Mogens Henze understreger, at oversvømmelser på ingen måde er et nyt fænomen:

”Man skal ikke ret mange år tilbage, før folk accepterede, at kælderen stod under vand af og til. Men i vore dage bryder vi os ikke om at blive oversvømmet. Dels forventer vi, at

kloaksystemet bare fungerer, dels har mange af os indrettet kælderen med ungdomsværelser og lignende. Endelig er det moderne at bygge huse uden væsentlig sokkel.”

Selvom de kraftige regnsky er den største belastning af kloakkerne, må man også tage en anden effekt af klimaændringerne med i billedet. Nemlig vandstanden i havet, som ventes at stige mellem 18 og 59 cm frem til 2100 ifølge det internationale klimapanel IPCC.

”Den generelle stigning i vandstanden vil ikke i sig selv skabe uoverstigelige problemer. Det er mere foruroligende, at det ekstreme højvande nogle steder kan forudsiges at stige en meter. Det kan skabe problemer i kystområderne, især hvis der samtidig optræder et kraftigt regnsky. Man kan så risikere, at kloakvandet, der er løbet over, bliver fanget i en zone, hvor det hverken kan løbe ud mod havet eller ned i kloakkerne.”

Institut for Miljø og Ressourcer, DTU, har deltaget i arbejdet med en ny bekendtgørelse, der fastsætter krav til kloakkernes kapacitet. Bekendtgørelsen giver kommunerne pligt til at opretholde et kloaknet, der er så godt, at det kun vil forekomme 1 gang per 10 år, at kloakvand løber op i niveau med jordoverfladen.

Der er ikke noget i vejen for, at kommunen kan vedtage en højere standard end i bekendtgørelsen.

”Egentlig er det her slet ikke en teknisk problemstilling. Det handler om politik. Hvor langt er man villig til at gå for at sikre borgerne? I sidste ende er det borgerne, der skal kræve en bestemt standard. Men desværre er det jo sådan, at kloakkerne er usynlige. Derfor bliver de tit nedprioriteret. Indtil der en dag begynder at komme rotter,” siger Mogens Henze med henvisning til, at problemerne med rotter vokser med op til en faktor 100, når en kloak er dårligt vedligeholdt.

#### Rotter

”Når der først kommer store rotteproblemer, bliver lydhørheden ofte større. Men så er det ofte for sent at gøre noget på en billig måde.”

Den nye bekendtgørelse udelukker ikke, at der langt oftere end hvert 10. år kan forekomme oversvømmelser af kældre, der jo ligger lavere end jordoverfladen.

”Men hvis det er helt åbenbart, at kommunen har forsømt at leve op til bekendtgørelsens krav, vil det formentlig være sådan, at en borger kan forlange erstatning for de skader, der er opstået. Jeg forventer faktisk, at vi vil se den type sager. De første vil sikkert blive anlagt af forsikrings-selskaber, der har erstattet tabene. På længere sigt tror jeg også, at vi vil se forsikringspræmier, der varierer efter, hvor forsikringstageren bor. Det vil blive dyrere at forsikre sig, hvis man bor i et område, der har høj risiko for at blive oversvømmet.” <

YDERLIGERE OPLYSNINGER

Instituddirektør, professor Mogens Henze,  
moh@er.dtu.dk

**”Egentlig er det her slet ikke en teknisk problemstilling. Det handler om politik, og hvor langt man vil gå for at sikre borgerne.”**

Professor Mogens Henze, Institut for Miljø og Ressourcer.





# BYGGERIET KALDER PÅ INDSATS

Brancheorganisationen Dansk Byggeri ønsker kloaksystemet opgraderet, så det bliver rustet til fremtidens klima

Dansk Byggeri betragter absolut overbelastning af kloaknettet på grund af klimaforandringer som et reelt problem. Direktør Michael H. Nielsen mener, at situationen kræver handling på flere forskellige niveauer.

”Som boligejer må man overveje, om huset er godt nok sikret. Fungerer kloakstikledninger og afløb godt nok? Men hovedproblemet samler sig om det offentlige kloaksystem. Er det dimensioneret til kraftige regnskyl? Kommunerne må i gang med at analysere konsekvenserne og identificere særlige risikoområder, hvor der skal sættes ind. Indtil der er etableret et kloaksystem, der kan klare de større regnmængder, skal der udarbejdes beredskabsplaner, som også involverer beboerne.”

Ud over de kraftige regnskyl må man tage højde for den højere vandstand.

”Specielt for lavtliggende kystnære byggerier må vi overveje, hvor huse placeres, og hvordan bygninger og infrastruktur skal udformes, så de kan fungere også ved stigende vandstand i havet,” siger Michael H. Nielsen og tilføjer, at klimaforandringerne ikke kun er et problem, men også en forretningsmulighed:

”Problemerne gælder jo også for mange andre lande. Den danske byggebranche har gode forudsætninger for at afhjælpe problemerne. Det gælder for entreprenører, rådgivere og leverandører af pumper og andet udstyr.”

”På forskningssiden står vi også stærkt. Her tænker jeg især på Institut for Miljø og Ressourcer på DTU og Dansk Hydraulisk Institut (DHI). Desuden på arbejdsgruppen under ATV, som virkelig har formået at sætte dagsordenen på det her område. Det er vigtigt, at vi har et højt videnniveau om årsag og sammenhæng i klimaforandringerne, så vi ikke reagerer ugenomtænkt på en kioskbasket i aviserne. Det er store omkostninger, vi taler om – både i følgeskader og i investeringer. Derfor er det vigtigt med et validt og troværdigt beslutningsgrundlag.” <

Miljøminister Connie Hedegaard i selskab med Tysklands kansler Angela Merkel og miljøminister Sigmar Gabriel samt statsminister Anders Fogh Rasmussen under en sejltur ved Ilulissat i sommer. De tyske politikere var kommet til Grønland for se klimaændringens effekt på ismasserne.



FOTO: AFP PHOTO POOL / MICHAEL KAPPELLER/ SCANPIX



# DEN DANSKE MODEL

Udlandet lægger mærke til, at det i Danmark har været muligt at kombinere hensynet til miljø med økonomisk vækst. Miljøminister Connie Hedegaard efterlyser dog tættere dialog mellem virksomheder, forskning og myndigheder i dette interview, der fandt sted kort før udskrivelsen af valget

TINE KORTENBACH >

"I øjeblikket er der kamp på verdensmarkedet."

"Vi er jo ikke de eneste, som har fundet ud af, at der for tiden er nogle dagsordener, der rykker," konstaterer miljøminister Connie Hedegaard og fortsætter:

"Hvis Danmark fortsat skal spille en førende rolle, beror det meget på, at en institution som DTU kan være utrolig operativ ved at fortælle os, hvad vi skal være opmærksomme på og komme med bud på, hvordan et givet problem kan løses."

Samtidig vurderer hun, at det er nødvendigt med et forstærket forsknings- og udviklingsmæssigt fokus.

"Det er en af grundene til, at regeringen i den grad har forøget støtten til forskning i energi- og miljøteknologi. Fra 2007 er der sat over en halv mia. kr. af på de offentlige forskningsbudgetter, og det stiger frem mod 2010 til over 1 mia. Sammen med Højteknologifonden og andre tiltag, f.eks. globaliseringsaftalen, giver det et særdeles forstærket fokus på området."

Desuden mener miljøminister Connie Hedegaard, at Danmark skal være bedre til at koordinere sin indsats. Da hun f.eks. var i Kina første gang, studsede hun over, at de danske virksomheder kom hver for sig.

>>

”Vi må kunne pulje vores viden noget mere og f.eks. oprette nogle flere offentlig-private partnerskaber som det, der er lavet omkring vand. Her sidder en af dem, der virkelig ved noget om vand, DTU-professor Erik Arvin, sammen med nogle af vores fremmeste vandvirksomheder og konsulentvirksomheder samt repræsentanter fra Miljøstyrelsen.”

”Det er vigtigt, at der er en tæt dialog mellem politikerne og f.eks. DTU, der kan hjælpe med teknologisk at løse nogle af miljøproblemerne – hvis altså forskerne ved, at vi har dem!”

”Og når forskningen finder frem til nogle interessante ting, kan det være

relevant for virksomhederne at vide, at det er på vej.”

”Vi skal prøve at få de her ting til at spille sammen – det gælder også myndighedernes regulering – så vi kan skabe en synergi ud af det hele.”

#### Interessant case

Danmark er et interessant eksempel, der kan bane vejen for, at andre lande indser, at det er muligt at kombinere økonomisk vækst med hensynet til miljø og klima.

”Når jeg ude omkring i verden fortæller, at vi i Danmark gennem 25 år har haft en økonomisk vækst på 70 pct. uden at bruge mere energi, så spidser de øren og spørger os, hvordan vi gjorde.”

Ifølge Connie Hedegaard er opskriften på den danske succes, at der blev stillet politiske krav, der blev lovgivet, og man sørgede for, at lovgivningen blev håndhævet. Det pressede innovation frem. Det samme gjorde oliekrisen.

## ”Folk i udlandet vil gerne høre mere om den danske model.”

Miljøminister Connie Hedegaard

# VEJEN TIL VERDENS FRELSE HEDDER

En række lande med USA i spidsen har indført krav om, at der skal tilsættes en vis procentdel biobrændsel til benzin og diesel. En ny OECD-rapport retter dog et lammende slag mod statsstøtte til tilsætningen af førstegenerations-biobrændsel, som har vist sig at give markant højere fødevarerpriser. Til produktionen bruges nemlig ofte majs, korn og sukkerrør. Desuden sættes der spørgsmålstejn ved den samlede effekt på miljøet.

”Denne OECD-rapports konklusion er fuldstændig i tråd med det, jeg som miljøminister har advaret imod: at bare det hedder noget med bio, så er det vældig miljøvenligt. Hvis man laver regnestykket, viser det sig, at det er fuldstændig hat og briller at tro, at vejen til verdens frelse skulle ligge der. Til gengæld har regeringen hele tiden sagt, at det er dybt fornuftigt at kigge på andengenerations-biobrændsel, hvor der kan laves helt andre miljøregnskaber,” siger Connie Hedegaard.

"Nu viser det sig, at andre lande skal i gang med nogle af de løsninger, som vi fandt på dengang, og som vi nu kan sælge til dem, fordi vi her er blandt verdens førende. Det kan være affaldshåndtering, fjernvarme, spildevand. Det kan også være inden for luftforurening, vindenergi, biomasse og energi-effektivitet. En lang række tiltag, der kom af, at vi havde et samspil mellem erhvervsvirksomheder, forskning, politikere, reguleringer og løsninger. Det har genereret vækst og eksportmuligheder."

#### FN-topmøde i København

Danmark har påtaget sig rollen som vært for FN's klimatopmøde i 2009 og har i den anledning skruet op for udenrigspolitikken.

"En af forudsætningerne for en aftale i København er, at vi undervejs kan godtgøre over for de lande, der er bekymrede, at tiltag inden for klima- og miljøområdet ikke er vejen til økonomisk afmatning og nedtur.

Vores eksempel er med til at gøre dialogen mere konstruktiv."

Topmødet bliver et unikt udstillingsvindue, som vil være med til at sætte Danmark på landkortet, især hvis Kyoto-aftalens afløser kommer til at hedde København-aftalen.

Connie Hedegaard erklærer, at den danske regering med Miljøministeriet i front på den internationale forhandlingsdel vil sætte alle sejl til. Ministeren vil dog ikke udstede nogen garanti for, at topmødet resulterer i en ny klimaafale.

"Der er så mange ubekendte faktorer. Vi kan ikke engang se konturerne af en ny amerikansk præsident."

"Og hvad mener Kina? Er det overhovedet muligt at få kineserne overtalt til, at de faktisk har fælles interesser med os, så de gør noget ved det globale klima?"

"Hvad med inderne? Hvad med Brasilien, Sydafrika? Der er så ufatteligt mange brikker, der skal falde på plads."

Ifølge miljøministeren kan vi indstille os på, at en eventuel aftale i København bliver med det samme omdrejningspunkt som Kyoto-aftalen, nemlig "common but differentiated responsibility", altså at det er et fælles ansvar at gøre noget ved klimaet, men vi har forskellige forpligtelser.

"Det er afgørende, at USA skifter holdning internationalt. Vi kan ikke få resten af verden, ikke mindst udviklingslandene, til at påtage sig forpligtelser, hvis ikke USA gør det."

Desuden mener Connie Hedegaard, at der skal findes en fornuftig løsning på, hvordan de miljøvenlige teknologier kan overføres noget hurtigere til f.eks. Afrika.

Andre vigtige emner under forhandlingerne vil sandsynligvis blive handelssystemet med CO<sub>2</sub>-kvoter, og hvordan vi kan hjælpe udviklingslandene med at tilpasse sig klimaforandringerne. <

## IKKE ALTID "BIO"

"Vi ser gerne, at der bliver opstillet nogle kriterier for, hvad der er samfundsøkonomisk og miljømæssigt bæredygtigt."

"Det er min holdning, at vi skal passe på med at forcere dette her frem, så vi kommer til at give f.eks. statstilskud til dårlige løsninger. Jeg vil ikke forbyde nogle løsninger på markedet, men jeg synes, at staten skal bruge sine penge på at hjælpe de nye teknologier frem - dem, hvor der er reelle miljøpolitiske gevinster."

## ANDENGENERATIONSANLÆG PÅ BORNHOLM

Byggeriet af Danmarks første demonstrationsanlæg for andengenerations-biobrændsel forventes at stå færdigt i 2008. Anlægget skal omdanne affald, græs og restprodukter fra landbruget til bioethanol og andre energiprodukter. Det kommer til at ligge på Bornholm og bygges af firmaet Biogasol, der er et spin-off fra DTU. Teknologien udspringer af forskning på BioCentrum og Risø, og den er afprøvet i pilotanlægget MaxiFuels på DTU.

# ALLE HAR ET ANSVAR

Miljøminister Connie Hedegaard opfordrer alle til at tage et ansvar for tilpasningen til klimaændringerne

TINE KORTENBACH >

Sideløbende med det diskrete danske diplomati ude i verden er Miljøministeriet også aktiv på den hjemlige front, idet regeringen for nylig fremlagde sit oplæg til strategi for Danmarks tilpasning til klimaændringer. Strategien kortlægger, hvor og i hvor høj grad det danske samfund er sårbart over for klimaforandringer i de kommende 10 år og giver bud på, hvordan forandringerne skal tackles i forskellige sektorer.

"Det danske samfund står over for en massiv opgave," fortæller Connie Hedegaard og fortsætter:

"Klimaforandringerne er reelle. Overalt vil der være konsekvenser at forholde sig til. De vil få betydning for den måde, vi bygger huse og kloakker på. For landbrugets afgrøder og for håndteringen af spildevand fra vore huse og erhvervsliv. Sektor for sektor skal hele samfundet tage bestik af forandringerne. Alle har et ansvar for at tilpasse sig de ændringer, som vi allerede ser slå igennem i dag."

Da ingen med sikkerhed kan forudsige, hvor og hvordan ændrin-

gerne slår igennem, mener Connie Hedegaard, at indsatsen skal ramme meget bredt. Opgaven kræver massiv oplysning, og regeringen har som en del af strategien afsat 11 mio. kr. på finansloven for 2008 til et nyt videntcenter, der skal informere om, hvordan ændringerne i klimaet kan tænkes ind i nye byggerier og planlægningsarbejder.

## Sommerens oversvømmelser

I forbindelse med de store oversvømmelser i sommer blev det klart, at mange af de danske kloakker ikke var gearet til at tage imod de store regnmængder. Professor Mogens Henze fra DTU's Institut for Miljø og Ressourcer har i den offentlige debat bl.a. påpeget, at der her venter en stor opgave.

På spørgsmålet om, hvad der skal gøres ved kloaksystemet, understreger ministeren, at ansvaret ligger ude i kommunerne.

"Det er en del af kommunalforhandlingerne, at de hvert år samlet skal investere 1,8 mia. i kloaknettet," uddyber hun.

Tilpasningsplanens hensigt er at give et overblik over den nuværende viden, og ved hjælp af de eksisterende teorier forsøger den at fremskrive, hvordan f.eks. virkningerne af voldsomt vejr skal håndteres i fremtiden. Denne viden opfordrer ministeren kommunerne til at integrere i deres kloakindsats allerede nu.

Planen er blevet kritiseret for, at der ikke følger penge med, men også her er ministeren klar i stemmen, når hun forklarer sit synspunkt: at det ikke er dyrere at tænke klimaforandringer ind, når man f.eks. renoverer kloakker, end ikke at gøre det.

Det er heller ikke dyrere at planlægge fornuftigt, så man undgår at placere et nyt byggeri nede ved

**”Klimatilpasningerne er ikke kun noget, der udgår fra Miljøministeriet; samtlige niveauer og sektorer i vores samfund har et medansvar for, at der sker noget.”**

Miljøminister Connie Hedegaard.



havnen, hvor man i forvejen kan se, at blot 10 cm's vandstigning kan give problemer ved voldsomt vejr. Det er ikke noget, man kan sætte en omkostning på. Det er jo bare sund fornuft, lyder argumentationen.

Ministeren mener heller ikke, at man kan sætte en pris på, hvad det vil koste landmændene, at de på sigt skal dyrke lidt mere af én slags afgrøde og lidt mindre af en anden – og det er i hvert fald ikke staten, der skal betale. Til gengæld er det et signal om, at branchen skal være omstillingsparat og se at få forsket i relevante emner. <

PHOTO: JACOB SVAL



# NYE FISK

Guldbrassen, ansjos, sardin, rødmulle og havbars er nogle af de nye arter, der vil vinde frem. Til gengæld vil der sandsynligvis blive færre torsk og sild. Især er bestanden af torsk i Østersøen truet

MORTEN ANDERSEN >

For et par måneder siden fangede en tysk lystfisker en guldbrassen ved Guldborgsund. Artsnavnet får ingen klokker til at ringe hos den gennemsnitlige dansker. Men faktisk har mange af os haft fornøjelsen af at spise denne velsmagende fisk på restauranter i Spanien, Grækenland eller Italien.

"For os er guldbrassen i Guldborgsund et klart signal om, at havet er blevet varmere. Det er en art, som

vi kan vente at se mere som følge af klimaforandringerne," siger professor Brian MacKenzie, Danmarks Fiskeriundersøgelser DTU.

Foruden guldbrassen har fiskeriforskerne registreret øget forekomst af flere andre arter kendt fra sydlige himmelstrøg: ansjos, sardin, rødmulle og havbars.

Imidlertid er det for tidligt for danske fiskere at omstille sig fuldstændigt til fangst af de nye





# PÅ KROGEN

arter, lige som myndighederne endnu ikke kan droppe arbejdet med torskekvoter.

"Fra en periode i 1950'erne, hvor temperaturen i havet var næsten lige så høj som nu, ved vi, at arter som sardin og ansjos kan gå frem, uden at eksempelvis torsken umiddelbart går tilbage. Men hvis klimaændringen er langvarig, vil der nok komme en negativ effekt på bestandene af torsk. Vi forventer dog ikke, at torsken helt vil blive udryddet som art i Nordsøen," siger Brian MacKenzie.

## Klima som Biscayabugten

I princippet kunne man bare se på sammensætningen af arter i et farvand som Biscayabugten eller Den Engelske Kanal, hvor betingelserne i dag er, som modellerne forudsiger, at de vil blive i Danmark. Men så enkelt

fungerer tingene ikke inden for havbiologi.

Et allerede klassisk eksempel er bestanden af torsk ud for den canadiske østkyst. I slutningen af 1980'erne kollapsede næsten alle torskebestande i de canadiske farvande. Derfor indførte man i 1992 et totalt forbud mod torskefiskeri. Canadierne forventede, at bestandene derefter hurtigt ville rette sig. Desværre er der fortsat ingen tegn på, at torsken vender tilbage til området. Den præcise årsag er endnu ikke fundet, men forskerne er enige om, at den ligger et sted i forståelsen af de marine økosystemer. Fjerner man et led i kæden – her torsken – sker der en række afledte effekter, som betyder, at tilstanden ikke nødvendigvis svinger tilbage igen af sig selv.

"Eksemplet viser, at man ikke kan forlade sig på simple antagelser om, hvordan bestandene vil udvikle sig, når man skruer på en enkelt knap

som for eksempel fiskeriet. Man er nødt til at have en mekanistisk forståelse af sammenhængene mellem fiskeri, arterne i havet og det konkrete økosystem," siger Fritz Köster, forskningschef og konstitueret institutdirektør for Danmarks Fiskeriundersøgelser DTU.

Sådan en model har fiskeriforskerne nu opbygget som led i et større EU-projekt. I første omgang for et afgrænset område, nemlig Østersøen.

## Østersøen som model

Modellen kan bruges til at vise, hvordan samspillet mellem arterne ændrer sig, hvis man fisker mere eller mindre på en bestemt art. Den kan også vise effekten af ændringer i andre forhold som øget temperatur, større saltholdighed og lignende.

Ganske vist kan modellen ikke skaffe flere torsk i Østersøen. Tværtimod peger den netop på, at bestanden på flere måder er truet. Men

&gt;&gt;



BRISLING

FOTO: SCANPIX



HAVBARS

FOTO: SCANPIX



RØDMULLE

FOTO: WWW.BIOPIX.DK

alligevel kan den blive til glæde for fiskerne, mener Fritz Köster:

”Normalt er vi jo mest kendte for at komme med meldinger, som fiskerne ikke bryder sig om. Men i forhold til torsken i den østlige Østersø kan vores modeller give et mere realistisk bud på, hvordan bestanden skal forvaltes under forskellige klima- og fiskeriforhold. Vi er optimistiske med hensyn til, at der også i fremtiden vil være grundlag for et bæredygtigt torskefiskeri i Østersøen, selvom der kommer klimaforandringer.”

I dag er målsætningen for forvaltningen at opretholde en bestand på 240.000 tons torsk i Østersøen. Det betyder store begrænsninger på, hvor meget der må fiskes.

”Hvis nu vores model viser, at det vil være urealistisk at gå efter så stor en bestand under de nuværende eller fremtidige klima- og miljøbetingelser, kan man lige så godt sætte målet ned og justere fiskeriet i overensstemmelse med de nye mål,” forklarer forskningschefen.

Rent bortset fra at torskefiskeriet i Østersøen er økonomisk og samfundsmæssigt interessant i sig selv, er der også forskningsmæssige grunde til at vælge det som model i første omgang.

For det første har Østersøen kun få dominerende fiskearter, primært torsk, sild og brisling. Samtidig har Østersøen nogenlunde fast lagdeling i salt bundvand, fersk overfladevand og et springlag imellem – mens man i Nordsøen har en mere turbulent hydrologi.

Selv med kun tre dominerende arter er der rigeligt at regne på. Torsken spiser de mindre brisling og sild. Men samtidig spiser brisling og sild dels torskeæg, dels vandlopper, som er føde for torskelarver. Derfor består der en magtbalance mellem de tre arter. Bliver brisling eller sild for dominerende, bliver det endnu sværere for torsk at komme på fode igen. På grund af det høje fiskeritryk på torsken kombineret med dårlige opvækstbetingelser for torskelarver er balancen i dag forskudt til fordel for især brisling.

Det er et økonomisk problem for fiskeriet, da et kilo brisling kun indbringer ca. 1 kr., mens torsk indbringer ca. det dobbelte.

Men kan man så ikke bare fange løs af brisling? Så skulle man tro, at torskebestanden ville komme tilbage i takt med, at færre torskeæg og vandlopper bliver spist.

”Det skal man være forsigtig med. Brislingen er jo en vigtig del af torskens føde, så den må heller ikke blive fisket for langt ned,” kommenterer Fritz Köster.

#### Flere ferskvandsfisk

Ud over magtbalancen mellem sild, brisling og torsk er der en lang række andre forhold, som har betydning for torskens chancer for at vokse og overleve i Østersøen. Først og fremmest skal farvandet have en vis saltholdighed. Torskeægs overlevelse er afhængig af, at indtrængende vand fra Nordsøen via Kattegat holder saltholdigheden og iltindholdet oppe. Indstrømningen er afhængig af vindretning, nedbørsforhold og lignende faktorer, der har ændret sig meget over de seneste 20 år på grund af klimaforandringerne.

Endelig er der den øgede temperatur i havet, som i sig selv favoriserer brisling i forhold til torsk. Samtidig taler nogle prognoser for klimaet om større regnmængder. Det vil betyde større afstrømning fra floderne, der løber ud i Østersøen. Det vil gøre Østersøen mere fersk, så ferskvandsfisk som for eksempel aborre vil få bedre betingelser, mens saltvandsfisk

ABORRE



FOTO: WWW.BIOPIX.DK

GULDBRASEN



FOTO: WWW.BIOPIX.DK

TORSK

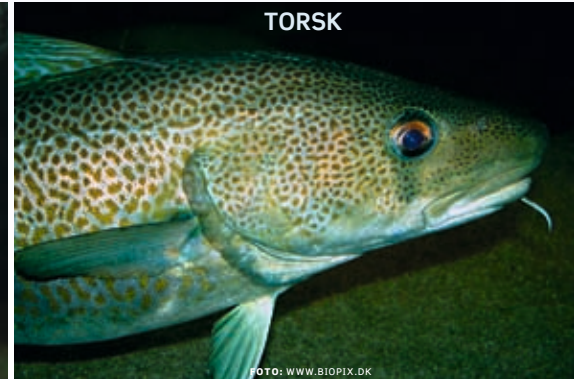


FOTO: WWW.BIOPIX.DK

som torsk og brisling vil få det sværere.

"Det er desværre også en dårlig nyhed for fiskeriet. Mens torsk og brisling går i store stimer i åben sø, går ferskvandsfisk mere spredt og tættere ved kysten. Det kræver en helt anden type fiskeri. Desuden er det tvivlsomt, om disse arter vil være til stede i lige så store mængder som torsk, sild og brisling," siger Brian MacKenzie.

Alt i alt er forskerne forsigtige med at varsle et bugnende fiskeri af sydlandske spisefisk:

"I første omgang vil det især være små arter som ansjos og sardin, vi vil se mere af. Det vil sige fisk med markant lavere kilopriser i forhold til for eksempel torsk," siger Brian MacKenzie, som dog har opmuntrende ord til de danske fiskere:

"Der kommer sandsynligvis nogle andre arter, som har en højere værdi. Der er tale om rødmulle, tyklæbet mulle og havbars, som vi allerede har set flere af i de senere år, også i fiskernes fangster!" <

#### ! YDERLIGERE OPLYSNINGER

Forskningschef og konstitueret institutdirektør, Fritz Köster, fwk@difres.dk

## LÆNGERE VEJ TIL RÅVARERNE

Fiskevirksomheden Espersen A/S følger nøje med i meldingerne om, hvilke arter der vil klare sig under fremtidens klima. Strategien er at være global, så firmaet er sikker på at få råvarer

#### MORTEN ANDERSEN >

"Vi lever først og fremmest af at producere torsk, sej og kuller. Det er vores produktion indrettet på, og vi følger naturligvis intenst med i, hvordan betingelserne for arterne udvikler sig, herunder hvilke virkninger ændringer i klimaet kan få. Torsken er allerede presset i Østersøen, og et ændret klima kan godt tænkes at gøre betingelserne dårligere, ikke mindst i gydeområderne."

Citat Alex Olsen, business manager i Espersen A/S, der er Danmarks største virksomhed inden for fisk til konsum. Virksomheden med hovedkontor i Rønne omsætter for mere end en mia. kr. årligt. Produkterne er frosne fiskeblokke og fileter samt panerede fiskeprodukter, der afsættes i over 40 lande, hovedsageligt i Europa samt USA. Råvarerne er torsk, kuller, hoki og alaskasej.

"Vi har gennem mange år købt fisk ude i verden. Også andre arter end torsk og kuller, eksempelvis hoki og alaskasej. Bestanden af torsk i Østersøen har jo været i tilbagegang gennem lang tid på grund af for stort fiskeritryk og ringe rekruttering af nye årgange. I dag får vi størstedelen af vores torsk fra Barentshavet."

"Hvis det bliver helt andre arter som ansjos eller sardin, der kommer til at dominere i farvandene omkring Danmark, vil en endnu større del af vores indkøb blive placeret uden for de hjemlige farvande."

Espersen A/S har over 1.100 ansatte i moderne fabrikker i Danmark, Polen og Litauen.

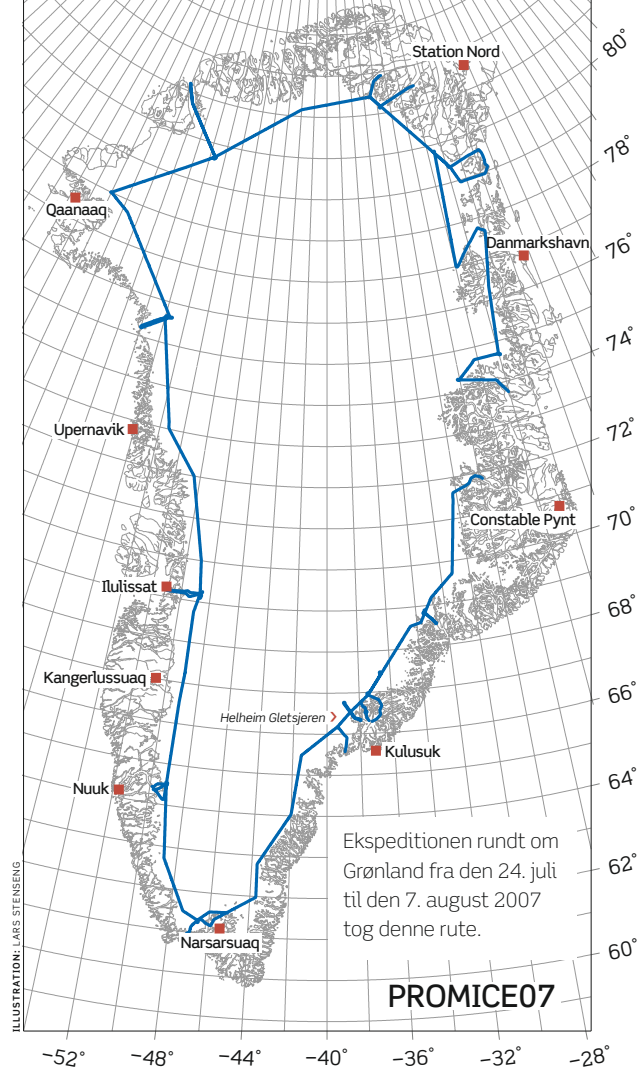
"Vi håber absolut meget på, at vi kan bevare en bestand af først og fremmest torsk i Østersøen," siger Alex Olsen.

"Det er klart, at fordelene ved at have produktion på Bornholm og i Polen og Litauen vil være til at overse, hvis der ikke længere er fisk i Østersøen." <

# ISKOLDE FACTS



De hurtige gletsjere i Sydøstgrønland kælver hvert år med isbjerge svarende til en isterning, der måler 6,5 km på hver led. Fotoet viser Helheim Gletsjeren.



Den første systematiske overflyvning af indlandsisen indsamler data, som skal være med til at forudsige, hvor meget verdenshavene vil stige

#### TINE KORTENBACH >

Det eneste, man hører, er den sumrende lyd af de to propeller på den lille Twin Otter, der netop er lettet fra lufthavnen i Kangerlussuaq (Sdr. Strømfjord) på Grønlands vestkyst med kurs mod indlandsisen. De fem forskere ombord har koncentrationen rettet mod deres udstyr.

Det er kun få timer siden, de ankom med fly fra Danmark sammen med kassevis af avanceret udstyr, som de netop har samlet og monteret i hangaren.

Det hele er nu spændt godt fast inde i kabinen. Her er trangt, og kabinen er så lav, at man ikke kan stå oprejst.

Vi befinder os ved polarcirklen, så

det er stadig lyst på trods af, at det er blevet meget sent denne aften sidst i juli. Efter samråd med kaptajnen har forskerne alligevel besluttet at gennemføre denne testflyvning for at være sikre på, at det avancerede grej virker og er kalibreret, før det går løs næste dag med 14 dages systematisk overflyvning af indlandsisen.

Formålet er at måle isens nuværende højde og tykkelse, så man kan lave mere præcise beregninger af ændringerne i masse og volumen. Data fra de flybårne målinger opsamles af Danmarks Rumcenter DTU ved hjælp af en isradar, der registrerer fjeldets overflade under isen, og en laser-skanner, som registrerer isens >>

overflade. Ved populært sagt at trække de to sæt af data fra hinanden får man isens tykkelse.

Overvågningen af indlandsisens massetab foretages af Danmarks Rumcenter DTU og GEUS (De Nationale Geologiske Undersøgelser for Danmark og Grønland) for Miljøministeriet. Isens voksende massetab peger i retning af, at Grønlands indlandsis måske er på vej til at blive den største bidragyder til stigningen af verdens have. Det er planen, at den

flybårne del af projektet typisk skal gennemføres hvert andet år.

"Det er den første systematiske opmåling af hele indlandsisens rand. Med den får vi endelig en sammenhængende reference, som vil blive brugt til præcist at detektere ændringer i fremtiden," fortæller projektlederen for årets flyvning, ph.d.-studerende Lars Stenseng.

Projektforsker Susanne Hanson fortsætter:

"Dette vil blive et enestående datasæt – og det første i verden af sin slags. Indtil nu eksisterer der op-

målinger og data – både danske og udenlandske – fra flere enkeltlokaliteter langs indlandsisens rand. Men da forandringerne af indlandsisen ikke er entydige, giver det mening at opmåle hele indlandsisens rand samtidig med jævne mellemrum. På den måde får vi et meget mere komplet billede, der både alene og sammenholdt med andre data vil kunne give os vigtige brikker til at forstå den forandring, indlandsisen gennemgår i øjeblikket."

Overflyvningen foretages langs indlandsisens rand i typisk 1.200-1.500 meter over havets overflade.



Hele teamet efter den vellykkede testflyvning: Fra venstre styrmand Thomas Thormann, lektor Niels Reeh, professor Erik Lintz Christensen, projektingenør Steen Savstrup, kaptajn Ståle Rogstad, ph.d.-studerende Lars Stenseng og projektforsker Susanne Hanson. Flyet er lejet af Air Greenland. Det er en Twin Otter, den legendariske flytype, der næsten kan lande hvor som helst.



FOTO: TINE KORTENBACH

På skærmene kan Lars Stenseng følge med i flyets position og orientering, afstanden ned til overfladen samt billeder af isen.

Derved overflyves de mange store gletsjer-arme, der flyder ud fra isens midte, og forskerne får et repræsentativt tværsnit af de gletsjere, hvorigenem indlandsisen flyder ud i havet. Ved at gentage overflyvningerne er det muligt direkte at sammenligne, om volumen af gletsjerne ændres, og det bliver muligt at estimere, hvor meget is der smelter.

I den forbindelse sætter GEUS også automatiske massebalance-stationer op på fem udvalgte gletsjere langs isens rand.

Lars Stenseng og Susanne Hanson er en del af Geodynamik-gruppen ved Danmarks Rumcenter DTU under ledelse af statsgeodæt Rene Forsberg.

Laser-skanneren bliver brugt flittigt flere måneder om året til at forske i havisens tykkelse og udbredelse

samt forandringer i arktiske gletsjeres overflade og volumen. Derfor ligger Danmarks Rumcenter DTU allerede inde med en stor datamængde fra tidligere opmålinger af mindre områder langs indlandsisens rand.

Flyet flyver normalt i 250-300 meters højde over isen, og laser-skanneren registrerer isens overflade i et ca. 250 meter bredt bånd under flyet.

Om bord på flyet er også projekt-ingeniør Steen Savstrup Kristensen, der sidder bagerst i flyet og betjener isradaren. Professor Erik Lintz Christensen og lektor Niels Reeh er også med på ekspeditionens første dage.

Disse tre forskere står for at måle isens tykkelse ved hjælp af radaren, som består af en sender og en modtager. Senderen leverer nogle kraftige radio-impulser (elektromag-

netiske bølger), der udsendes fra en antenne monteret i flyets bagende. Disse impulser reflekteres fra isens overflade men udbreder sig også ned i isen, hvor de trænger ned til fjeldbunden og reflekteres derfra for at komme tilbage til antennen. Modtageren opsamler signalerne og sender dem til en computer. Ud fra signalernes forsinkelse kan man beregne, hvor tyk isen er.

Radaren blev udviklet på DTU's Laboratorium for Elektromagnetisk Feltteori, senere Elektromagnetisk Institut (EMI), under ledelse af professor Erik Lintz Christensen i slutningen af 60'erne.

Egentlig var den lagt i mølposen efter mange års tjeneste. Da mistanken om en klimaændring gjorde det aktuelt at følge isens tilstand, kom

&gt;&gt;



Steen Savstrup Kristensen og Erik Lintz Christensen (t.h.) i færd med at montere antennen til is-radaren på flyet.

FOTO: TINE KORTENBACH

man i tanke om den gamle radar i kælderen under DTU. Og efter en opgradering var den klar til at tage turen rundt om hele Grønland i år. På grund af radarens lille størrelse og den moderne computers store regnekapacitet kan al elektronikken være på et dobbelt flysæde. Antennen er

udformet, så den kan sidde på et lille fly som en Twin Otter, der stiller minimale krav til landingsbaner, og som om nødvendigt kan lande på isen.

”Vi skal nu til at sammenligne data fra de områder, vi tidligere har overfløjet. Det vil give os et overblik over ændringerne i disse områder og der-

med bidrage til det samlede billede af indlandsisens tilstand,” siger Lars Stenseng, der forventer resultaterne offentliggjort i løbet af 2008. <

**!** YDERLIGERE OPLYSNINGER  
Statsgeodæt Rene Forsberg,  
rf@space.dtu.dk

## NY ISRADAR TIL ESA

En ny flybåren radar, som ESA (Det europæiske Rumagentur) har bestilt hos Danmarks Rumcenter DTU, forventes at være klar til levering i første halvår af 2008. Antennen er allerede færdig og er ved at blive certificeret. DTU har i forvejen stor erfaring med avancerede radarsystemer, der kan se gennem den grønlandske indlandsis.

Lektor Jørgen Dall oplyser, at udbudsrunderen var et tilløbsstykke, og at DTU ifølge ESA vandt ordren på grund af projektforslagets tekniske overlegenhed.

Det unikke ved den nye radar er, at den vil have en væsentlig bedre opløsning end sine forgængere, og samtidig vil den være så avanceret, at den vil kunne måle egenskaber i de forskellige islag.

En relativ lav frekvens er nødvendig for at trænge gennem isen, så først med frigivelsen af et radarbånd ved 435 MHz er det blevet relevant for ESA at overveje en satellitbåren isradar. Den flybåre radar fra DTU skal bane vejen for et sådant system.

**!** YDERLIGERE OPLYSNINGER  
Lektor Jørgen Dall, jd@space.dtu.dk



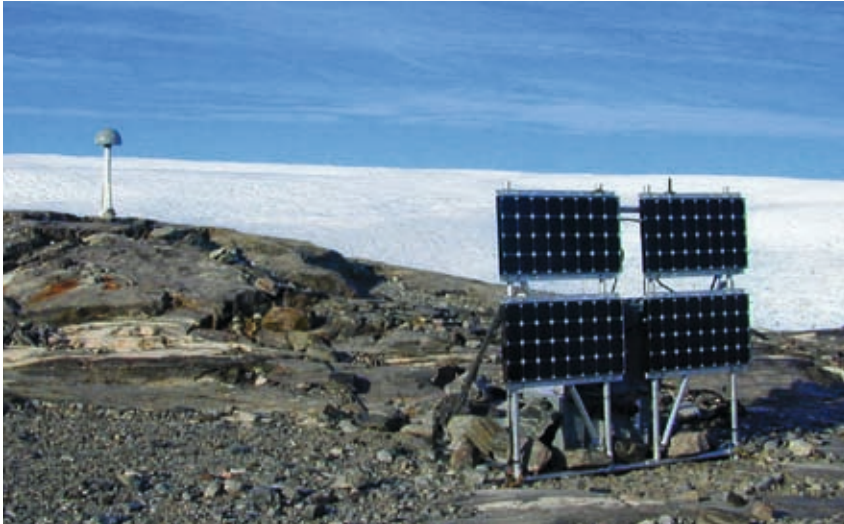


FOTO: ABBAS KHAN

Fjeldene langs gletsjerne i Sydøstgrønland hæver sig årligt 4-5 cm. Det kan registreres af en fintfølede GPS-station (tv), som i øvrigt bliver drevet af solenergi.

## GRØNLAND SMELTER MED ALARMERENDE HASTIGHED

TINE KORTENBACH >

Forskere fra DTU undersøger isen på flere forskellige måder. Et af de andre forskerhold har netop offentliggjort resultater, der tyder på, at isen svinder meget hurtigere end hidtil antaget.

"Hvis udviklingen fortsætter, vil smeltevandet fra indlandsisen få verdenshavene til at stige med mere end 60 cm i løbet af dette århundrede," fortæller seniorforsker Abbas Khan, Danmarks Rumcenter DTU, der har været ansvarlig for et projekt i samarbejde med University of Colorado. Dermed forudsiger han en højere vandstigning end prognoserne fra FN's klimapanel.

Forskerne har målt afsmeltningen fra indlandsisen med særligt fintfølede GPS-stationer, der er placeret på fjeldet langs indlandsisens kant.

Når en mængde is forsvinder, lettes trykket på fjeldet, som derfor hæver sig en smule. Og det kan måles med GPS-stationerne.

Målingerne viser, at fjeldene langs de hurtige gletsjere i Sydøstgrønland for øjeblikket hæver sig med 4-5 cm om året. Randen af indlandsisen bliver til gengæld op til 100 m tyndere pr. år.

Alene gletsjerne i den sydøstlige del af Grønland kælver hvert år isbjerge svarende til en gigantisk isterning, der måler 6,5 km på hver led. Og udtyndingen af isen går hurtigere og hurtigere. For øjeblikket forsvinder isen ca. fire gange så hurtigt som i starten af dette årti. <

**!** YDERLIGERE OPLYSNINGER  
Seniorforsker Abbas Khan,  
abbas@space.dtu.dk

## SKRIFTEN PÅ VÆGGEN FOR KLIMAET

De vigtigste konklusioner fra *4th Assessment Report* fra FN's internationale klimapanel IPCC. Rapporten består af tre delrapporter, som udkom i løbet af 2007:

- Vandstanden i havene vil stige med mellem 18 og 59 centimeter frem til 2100.
- Hvis der ikke sker indgreb, samtidig med at verdens hurtigt voksende økonomier fortsætter med at øge deres udledninger, vil den fortsat stigende udledning af CO<sub>2</sub> betyde, at vi i løbet af dette århundrede vil få temperaturstigninger på 2,4-6,4 °C. Konsekvenserne for klimaet vil være uoverskuelige.
- Gennem de seneste to årtier er temperaturen steget med 0,4 °C. Samme forøgelse af temperaturen forudses at finde sted i løbet af de næste to årtier.
- Selv hvis koncentrationen af CO<sub>2</sub> i atmosfæren blev holdt på år 2000-niveauet, ville temperaturen fortsat stige med 0,1 °C per tiår gennem resten af dette århundrede.
- Den forøgelse af klodens gennemsnitstemperatur, som vi oplever i disse år, er med overvejende sandsynlighed menneskeskabt. Med hensyn til menneskets indflydelse på klimaet bruger IPCC udtrykket "very high confidence" defineret som en sandsynlighed på over 0,9 for at være korrekt.

MA

# STÆRKT DANSK BIDRAG TIL FN'S KLIMAPANEL

Risø DTU har været stærkt involveret i arbejdet hos IPCC, som netop har modtaget Nobels fredspris sammen med Al Gore

MORTEN ANDERSEN >

"Kyotoprotokollen er en succes!"

Det klare udsagn kommer fra Bert Metz, der er en af de ledende skikkelser i FN's klimapanel IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change), som netop har modtaget Nobels fredspris sammen med Al Gore.

Budskabet stikker af fra mediernes billede af nogle regeringschefer, der vægrer sig ved at indgå forpligtende aftaler om at beskytte klimaet.

"Gennem mekanismer som EU's system for handel med kvoter har vi fået sat en pris på CO<sub>2</sub>. Med prisen så højt oppe som 20 euro per ton er CO<sub>2</sub> begrænsning ved at blive profitabel," siger Bert Metz, formand for IPCC's arbejdsgruppe III, der beskæftiger sig med teknologiske og økonomiske metoder til at begrænse atmosfærens indhold af drivhusgasser. Til daglig er han seniorforsker i det hollandske institut for miljøforskning MNP.

Medierne fokuserer på forhandlinger mellem lande om faste mål for udledningen, men der er også en anden arena, fremhæver Bert Metz:

"Tag USA som eksempel. Mens regeringen mildt sagt ikke har været specielt aktiv, har vi set delstater og virksomheder frivilligt engagere sig i at beskytte klimaet. Vi ser også, at flypassagerer i Europa og andre steder køber reduktioner som kompensation for de udledninger, deres rejser giver anledning til."

Ud over den direkte miljøeffekt har den type handlinger en politisk effekt, understreger han:

"I sidste ende vil politikerne reagere på tendenser, som de ser i deres vælgerskare."

Kyotoprotokollen blev undfanget i 1997. Aftalen giver virksomheder og lande mulighed for at købe CO<sub>2</sub>-kvoter af hinanden. Endnu er der

kun indført en børs for kvoter i EU, men flere lande vil følge efter. Desuden er det blevet muligt for et land at købe sig fri af en del af sine forpligtelser til at mindske udledningen ved at hjælpe et andet land. Mekanismen kaldes Clean Development Mechanism, når det drejer sig om ulandene, og Joint Implementation, når det drejer sig om ilande. Tanken er, at et land, der allerede har begrænset udledningen eksempelvis ved at investere i vedvarende energi, og som vil have svært ved at udbygge den yderligere, i stedet kan hjælpe et andet land. På den måde får verden samlet set "mere CO<sub>2</sub>-reduktion for pengene".

## Økonomisk incitament

"Udviklingslandene er meget aktive med at definere projekter under CDM. De indser, at mekanismen er en vej til at få projekter igennem, som ellers ikke kunne gennemføres. Selvom prisen på 5-15 USD (3,5-10,5 euro) per ton undgået CO<sub>2</sub>-udslip er beskednen, har ordningen tiltrukket enorm interesse fra både erhvervslivet og regeringer. Økonomiske incitamenter er helt afgørende for at få erhvervslivet til at ændre adfærd," kommenterer Bert Metz.

**"Fredsprisen vil være med til at skabe politisk momentum for de kommende forhandlinger."**

Bert Metz, formand for arbejdsgruppe III, IPCC

Den hollandske formand er også opmærksom på den udfordring, som de fremstormende økonomier udgør:

"Mange af vores modeller er baseret på data fra OECD-landene. For resten af verden mangler vi i høj grad data. Jeg mener stadig, at vores overordnede resultater er valide: forskellige lande har forskellige omkostninger ved at skære ned på deres udledninger. Derfor er det økonomisk effektivt at mindske i de lande, hvor det kan gøres billigst, og samtidig handle med disse reduktioner, så lande, der ville have højere omkostninger ved at reducere, er med til at betale."

"Dog skal vi være meget forsigtige med at prøve at forudsige, hvad prisen for CO<sub>2</sub>-kreditter vil blive, og hvad omkostningerne for landene vil være. Her har vi afgjort brug for mere forskning. Den eneste vej frem er at få flere lokale eksperter engageret," siger Bert Metz med henvisning til, at netop Risø DTU gennem en årrække har været aktiv i at inddrage forskere i lande uden for OECD i forskningsprojekter.

"Forskere fra Risø DTU har ydet et stærkt bidrag til den seneste IPCC rapport," siger Bert Metz. Ud over flere forskeres bidrag til selve rapporten fremhæver han en række studier af klimabeskyttelse som en del af energipolitikken i udviklingslande. Det har været et vigtigt bidrag til rapportens grundlag.

Forskningspecialist Kirsten Halsnæs, der er ledende klimaøkonom på Risø DTU, har deltaget i den samme arbejdsgruppe under IPCC siden 1993. I rapporten fra august 2007 er hun en af de to hovedforfattere til det indledende kapitel, der definerer problemer, begreber og metoder.



#### PRISEN FOR AT BESKYTTE KLIMAET

FN's klimapanel IPCC, som er rådgivende for regeringer og interesseorganisationer i hele verden, består af et stort antal forskere, som ca. hvert 6. år udgiver tre rapporter skrevet af hver sin arbejdsgruppe.

Klimapanelet vurderer, at det vil koste godt 1 pct. af verdens samlede bruttonationalprodukt i 2050 at holde de forventede stigninger i temperaturen under tre grader.

På Risø DTU ligger arbejdet med Kyotoprotokollens mekanismer i et center, der er udpeget af FN's miljøorganisation UNEP til opgaven. Det har givet forskerne på centeret en særlig status i forhold til ulandene og de nyligt industrialiserede lande.

#### Japansk-dansk model

I øjeblikket er der tre aktører, som forsøger at lave modeller for effekterne af initiativer, der skal begrænse udledningen af drivhusgasser. Et konsortium er ledet af de amerikanske universiteter Yale og Stanford, et andet af østrigske IIASA og det tredje af den japanske miljøforskningsorganisation NIES, som UNP Centret på Risø DTU samarbejder med.

"Egentlig havde vi lyst til at lave vores helt egen model, men vi indså, at det ville koste ti års arbejde. I stedet har vi valgt at indgå et samarbejde med de japanske forskere, hvor vores vigtigste bidrag bliver at få indikatorer, der er relevante for udviklingslandene, med ind i modellen. Det er vi netop blevet opfordret til af vores samarbejdspartnere i Indien, Kina og en række andre lande," siger Kirsten Halsnæs.

"Initiativet vil imødegå den berettigede kritik, som især USA og udviklingslandene har fremsat. Nemlig at de nuværende modeller er utroværdige, fordi de ser bort fra en stor del af verdens lande og befolkninger," tilføjer Kirsten Halsnæs.

"Samtidig forventer vi, at virksomheder, der udvikler teknologier som brændselsceller, bioenergi, vindmøller og lignende, vil få stor glæde af modellen. Den type teknologier er så små, at de drukner i de nuværende modeller. Vi vil have dem med. Samtidig skal modellerne kunne bruges til at se, hvor de konkurrerende teknologier vil befinde sig på forskellige tidspunkter ude i fremtiden, herunder hvornår man kan forvente, at forskellige lande vil være modne til at forny deres energiforsyning og dermed sikre en efterspørgsel efter alternativer. Det vil i høj grad blive en model med erhvervs mæssig interesse." <



#### YDERLIGERE OPLYSNINGER

Forskningspecialist Kirsten Halsnæs,  
kirsten.halsnaes@risoe.dk

[www.mnp.nl/ipcc/](http://www.mnp.nl/ipcc/)

Temanummer af Risø Nyt:  
<http://links-risoenyt.risoe.dk>



# DANSKE PLANTER TILPASSER SIG

Mellem de kraftige regnskyl vil der komme længere tørkeperioder, som bliver hårde for planterne. Foreløbige resultater fra stort eksperiment viser imidlertid, at danske planter kan tilpasse sig de ændrede betingelser



Forsøget er en slags tidsmaskine, hvor klimaet sættes 70 år frem i tiden. Forskerne måler herefter planternes reaktion. Claus Beier (forrest) afslører her de første resultater.

sant lokalitet i en klimaforanderlig verden. Hele tiden strømmer komprimeret CO<sub>2</sub> ind på 30 kvadratmeter store forsøgsfelter af lyng og græs.

Indretningen sørger for, at planterne er konstant udsatte for et CO<sub>2</sub>-indhold på 510 ppm (parts per million) i modsætning til de normale 380 ppm. Niveauet svarer til det, som FN's klimapanel IPCC forventer 70 år fremme i tiden. Samtidig sørger andre foranstaltninger for, at temperatur og nedbørsforhold svarer til det, som prognoser fra Danmarks Meteorologiske Institut peger på til den tid.

"Vores foreløbige studier tyder på, at det især vil være ændringerne i nedbørsforholdene, der afgør, hvordan fordelingen af arter og vækstbetingelserne for de enkelte arter bliver påvirket, når klimaet ændrer sig," siger lederen af det internationalt set enestående klimaeksperiment, Claus Beier, Risø DTU.

#### Åbner døren på klem

"Man taler meget om de kraftige regnskyl, der er et resultat af klimaforandringerne, men man må ikke glemme, at prognoserne samtidig forudser, at der vil komme længere tørkeperioder i sommerhalvåret. I forhold til planternes vækst og overlevelse her på Brandbjerg er det evnen til at modstå tørke, der er mest interessant," forklarer Claus Beier.

Ph.d.-studerende Kristian Albert er på vej med en afhandling, der viser, at planterne i forsøget er i stand til at udnytte den ekstra CO<sub>2</sub> i luften, når de bliver udsat for tørkeperioder.

Når planter bliver udsat for tørke, er deres normale reaktion at sætte fotosyntesen på standby. For at lave fotosyntese må planterne åbne blade-

nes spalteåbninger for at trække CO<sub>2</sub> fra luften ind. Det betyder, at der kan undslippe vanddamp gennem åbningerne. I en tørkesituation må planten derfor normalt droppe fotosyntesen for at spare på vandet. Man kan sige, at planten prioriterer sin overlevelse over muligheden for vækst.

"Men forsøget viser, at når der er et højt indhold af CO<sub>2</sub> i luften, kan planterne lave en mellemløsning. De kan nøjes med at åbne spalteåbninger på klem. På den måde får de alligevel CO<sub>2</sub> nok til fotosyntesen men sparer samtidig på vandet, så de kan modstå tørken," siger Claus Beier.

Resultatet er interessant af to årsager. For det første er almindelige danske planter tilsyneladende i stand til at opretholde en vis vækst under de tørkeperioder, meteorologerne forudsiger. Det er en god nyhed både for landbruget og samfundet som helhed. For det andet har det betydning for det store klimaregnskab. Når planterne laver fotosyntese og optager CO<sub>2</sub> fra luften, bidrager de til at afbøde drivhuseffekten.

Eksperimentets officielle navn er CLIMAITE (Climate Change Effects on Biological Processes in Terrestrial Ecosystems). Det helt overordnede spørgsmål, der søges besvaret, er netop, om planteøkosystemer vil reagere som en buffer i forhold til klimapåvirkningerne. Vil forsøgsfelterne optage mere CO<sub>2</sub> fra luften, end de afgiver? Eller vil de tværtimod begynde at afgive oplagret kulstof i form af CO<sub>2</sub> fra jorden, så drivhuseffekten accelererer?

"På kort sigt forventer vi, at felterne bidrager til at accelerere drivhuseffekten. Den højere temperatur øger nemlig hastigheden af den forrådnelse >>

#### MORTEN ANDERSEN >

Langhåret græs svajer yndefuldt for vinden over bakkens tæppe af blomstrende lyng. Men lydsporet stikker af fra den idylliske billedside. I baggrunden kaskader af skud fra geværer og artilleri. I forgrunden en konstant rislen som om nogen havde prikket hul i en snes hårdtpumpede cykelslanger.

Mens den første lyd fortæller, at vi befinder os på militært område, er den sidste lyd den, der gør Brandbjerg ved Jægerspris til en særdeles interes-

af døde plantedele, som foregår i jordbunden. Det vil skabe et CO<sub>2</sub>-udslip, men kun så længe, der er en kulstofreserve i jordbunden at tage af. Det interessante er derfor, hvordan balancen bliver på lidt længere sigt,” siger Risøforskeren og henviser til, at det kun er to år siden, miljøminister Connie Hedegaard indviede anlægget.

”Nogle gange bliver folk skuffede, fordi de tænker, at man snart må kunne se palmetræerne komme op!”

Helt så hurtigt går tingene trods alt ikke. De danske klimaforskere forventer, at effekterne vil opstå i tre trin.

I første trin vil planterne – forudsat at de kan modstå tørkeperioderne, som de foreløbige resultater tyder på – udnytte den højere temperatur og det højere indhold af kulstof i luften til at vokse mere. Det kræver dog en tilvænningsperiode på nogle år. På kort sigt vil man næppe se en ændring i sammensætningen af arter, men de enkelte planter vil vokse mere.

I næste trin vil den kraftigere plantevækst føre til, at indholdet af organisk stof i jordbunden øges i takt

med, at de større planter dør. Man vil se en ændret fordeling med mere kulstof til rådighed for planterne og til gengæld mindre af næringssaltene kvælstof og fosfor. Konkurrencen mellem planterne om næringssaltene bliver dermed hårdere. Samtidig vil der opstå nye nicher, fordi vækstsæsonen ændrer sig på grund af opvarmning og tørke. Det kan meget vel føre til en ændret fordeling af arterne. For eksempel kan man tænke sig, at græs vil begynde at udkonkurrere lyng eller omvendt. Det vil tage flere år, før man kan se den slags effekter.

Endelig, i tredje trin, kan man forestille sig, at nye arter vil vinde indpas i forsøgsfelterne. Det er imidlertid en mere langsigtet effekt, som formentlig vil ligge i yderkanten af den nuværende tidsramme, som forsøgets overordnede bevilling fra Villum Kann Rasmussen Fonden sætter. Bevillingen udløber i 2013.

”Selvfølgelig vil vi gerne køre forsøget i endnu længere tid, men det er allerede enestående, at vi har opnået så stor og langtrækkende en bevilling

fra en privat fond. Det er vi meget taknemmelige for,” siger Claus Beier.

Forsøget er også støttet af Dong Energy, der gratis leverer strømmen, som holder pumperne og forsøgets øvrige elektroniske udstyr kørende, samt Air Liquide, der leverer den komprimerede CO<sub>2</sub> til selskabets egen kostpris. Desuden har en række andre virksomheder bidraget med mindre sponsorer.

### Tre parametre samtidig

De danske forskere er naturligvis ikke ene om at interessere sig for, hvordan økosystemer reagerer på ændringer, der svarer til de forventede klimaforandringer. Der foregår masser af forsøg rundt omkring i verden, men ved Brandbjerg er alle de tre væsentligste parametre – temperatur, nedbør og CO<sub>2</sub> – med på én gang.

”Noget af det vanskelige ved at arbejde med biologisk forskning er, at man ikke kan tillade sig at lægge effekter, som man har set i forskellige forsøg, sammen,” siger Claus Beier.

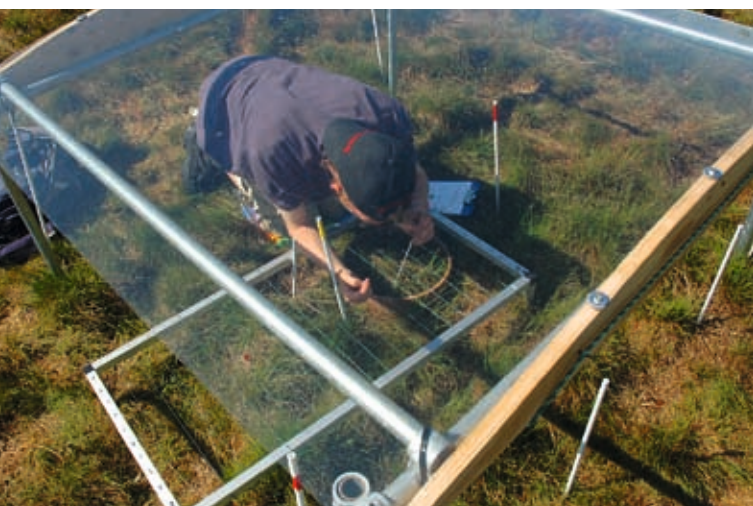


FOTO: CLAUD BEIER



FOTO: KASTRUP LUFTFOTO

Også uden for de 8-kantede forsøgsfelter måler forskerne mange forskellige forhold omkring planterne. Til højre luftfoto af hele forsøget ved Jægerspris i Nordsjælland.

For et par år siden viste et amerikansk forsøg, at planterne som forventet voksede mere ved højere temperatur. I forsøget blev de 10 pct. større. I et parallelt forsøg fik samme art forhøjet CO<sub>2</sub>. Igen var resultatet en forøget vækst på 10 pct.

Man skulle så tro, at med både forhøjet temperatur og forhøjet CO<sub>2</sub> ville planterne vokse endnu mere. Måske ikke ligefrem 20 pct., men så måske 15 pct. Men nej. Da forsøget blev gjort, viste det sig, at planterne pludselig voksede dårligere! De blev faktisk 10 pct. mindre.

Mange steder i verden laver man forsøg i drivhuse, men i et drivhus er det næsten umuligt at efterligne de naturlige forhold med hensyn til variation i nedbøren, lyset og måske især vinden.

På Brandbjerg er der tale om et stykke natur, der er upåvirket af menneskelige aktiviteter. Bakken ligger i et militært øvelsesterræn, men den er blevet skånet for færdsel med bæltkøretøjer og andre større aktiviteter. Forskerne går aldrig i felterne. De lægger deres måleudstyr og tager deres prøver kravlende på aluminiumstiger, som skydes hen over feltet i en halv meters højde.

Endelig skiller Brandbjergforsøget sig ud med sin størrelse. Hvert af de 30 kvadratmeter store forsøgsfelter er inddelt i fire delfelter og har desuden en tvilling. Altså i alt otte delfelter, hvilket giver mulighed for alle kombinationer: Kun forhøjet CO<sub>2</sub>, kun forhøjet temperatur, kun ændret nedbør, forhøjet temperatur og CO<sub>2</sub>, forhøjet temperatur og ændret nedbør, forhøjet CO<sub>2</sub> og ændret nedbør, alle tre faktorer ændret samt endelig et uberørt kontrolfelt til at sammen-

ligne med. Hele dette arrangement er gentaget seks gange.

Forskerhold fra Københavns Universitet og Aarhus Universitet deltager også. Små pinde med forskellige farver markerer, hvor holdene har deres eksperimenter.

Selvom det overordnede spørgsmål er, om forsøgsfelterne vil bremse eller accelerere drivhuseffekten, er der mange mellemregninger, man må have på plads. Nogle projekter ser på begivenheder i rodzonen, andre på bladene og andre igen på mikroorganismer.

Målet er at kombinere de mange delresultater i en matematisk model, hvor alle de væsentlige sammenhænge er med. Så kan man bruge modellen til at regne på, hvad der sker under ændrede forudsætninger, f.eks. hvis temperaturstigningen alligevel ikke bliver to grader, som klimaforskernes bedste bud lyder nu, men i stedet tre grader.

Fra starten har det desuden været en del af ideen, at eksperimentet skulle tiltrække ph.d.-studerende. Hele 20 procent af budgettet er øremærket til ph.d.-projekter. I øjeblikket er der otte i gang.

Også rent teknisk har projektet vakt international opmærksomhed. Fra starten tilknyttede man den italienske landbrugsforsker Franco Miglietta som konsulent. Han er førende i verden inden for teknikken FACE (Free Air Carbon Enrichment), hvor planter udsættes for komprimeret og kontrolleret CO<sub>2</sub> i fri luft. Miglietta har opbygget en del forsøg, hvor man distribuerer gassen via små huller boret i hulhop-ringe rundt om forsøgsfelterne og lader vinden gøre arbejdet med at sprede den ud over

planterne. Men i stedet for at købe et nøglefærdigt system har de danske forskere udviklet deres egen løsning i samarbejde med italienerne. Her strømmer CO<sub>2</sub> ud fra rør, der omkranser de 8-kantede forsøgsfelter.

Samtidig sker der en kontinuert opsamling af CO<sub>2</sub> midt i feltet, så man hele tiden har styr på, at man rammer det ønskede niveau på 510 ppm. Systemet leverer feedback til kontrolenheden, som omgående reagerer, hvis niveauet bliver for højt eller lavt.

### Klimatopfolk vil valfarte

Sammen med sine kolleger kan Risø-forskeren se frem til at tage imod endnu flere besøgende under og efter FN's klimatopmøde i København i 2009. Der er al mulig grund til at tro, at Brandbjerg bliver et populært udflugtsmål for de deltagende politikere og embedsmænd, både af rekreative og faglige årsager.

"Vores budskab vil nok være, at det især er de ændrede nedbørsforhold, som får betydning for, om økosystemerne kan dæmpe eller tværtimod accelerere drivhuseffekten. Jeg tror, at nedbør bliver det helt store emne i klimaforskningen, hvor man i nogle år har været mest optaget af den højere temperatur og det øgede CO<sub>2</sub>-indhold i luften. Det bliver ændringerne i nedbøren, der kommer til at afgøre, hvor vi vil se folkevandringer, når klimaændringerne skaber nye ørkenområder eller nye områder for oversvømmelser." <

**!** YDERLIGERE OPLYSNINGER  
Center- og programleder, Claus Beier,  
claus.beier@risoe.dk

Dansk knowhow inden for anlæg af havne og kystsikring ved sandede kyster er allerede i brug verden over. Klimaforandringerne gør efterspørgslen endnu større

# SIKRE KYSTER SOM EKSPORTARTIKEL

MORTEN ANDERSEN >

Stigende vandstand og ændrede vindforhold udfordrer arbejdet med at sikre kyster og lavtliggende kystområder verden over. Men det er samtidig en rigtig god eksportmulighed for Danmark.

"Klimaændringerne er endnu kun en mindre del af vores arbejde som konsulenter i international kystsikring. Men der begynder at komme opmærksomhed om den stigende vandstand, og vi er overbeviste om, at det vil fylde stadig mere i vores arbejde de kommende år," siger civilingeniør, ph.d. Ida Brøker, afdelingsleder i DHI (Dansk Hydraulisk Institut).

DHI er allerede en solid eksportsucces med kontorer i 20 lande.

"Teoretisk arbejde udført på DTU er en vigtig del af vores grundlag. Forskerne har udviklet det teoretiske grundlag for bølgemodeller og mo-

deller for, hvordan sedimenter transporteres i kystzonen afhængigt af bølge- og strømforhold. Vi har så at sige pakket deres teoretiske arbejde ind i software og omsat det til salgbare produkter og konsulenttydelser," siger Ida Brøker, som også trækker en linje til baggrunden for oprettelsen af DHI i 1964. I dag dækker DHI mange discipliner inden for vand, miljø og toksikologi, men oprindelsen drejede sig om havnebyggeri.

## Hanstholm

Tilbage i 1950'erne blev Vandbygningslaboratoriet ved DTU (i dag en del af Institut for Mekanik, Energi og Konstruktioner, MEK) bedt om at hjælpe med udformningen af Hanstholm Havn. Lige som mange andre dele af den jyske vestkyst er området stærkt udsat for bølger, og der foregår en intens transport af sediment. Udfordringen var derfor at konstruere den nye havn på en måde, så den ikke ville sande til ustandseligt.

Forskerne nåede frem til en udformning, der var meget utraditionel for sin tid, og hvor transporten af sediment er i balance i forhold til de fremherskende strøm- og bølgeforhold. Løsningen blev hurtigt anerkendt som et velegnet koncept for at anlægge havne på sandkyster. Dem er der som bekendt rigtig mange af

over hele verden. Der blev en stor efterspørgsel efter forskernes viden og metoder. Men da DTU ikke havde som formål at bedrive omfattende rådgivningsvirksomhed, blev det besluttet at oprette DHI, der skulle stå for opgaven.

"Imens fortsatte forskningen, og vi har haft et frugtbart samarbejde lige siden. De fleste af de produkter og ydelser, vi sælger i dag inden for kystområdet, hviler på teoretisk arbejde udført på DTU i 1980'erne og 1990'erne," siger Ida Brøker.

## Har god tid

På spørgsmålet om klimaændringerne vil betyde markant anderledes udfordringer for kystsikringen, giver hun et både-og svar.

"Jeg er ikke i tvivl om, at vi skal have de lavtliggende områder sikret bedre, end vi har i dag. Men den gode nyhed er, at ændringerne kommer langsomt, så vi har god tid til at bygge højere diger og i det hele taget tilpasse beskyttelsen af kysterne til de nye forhold."

Det hører med i billedet, at der allerede i dag gøres ganske meget for at opretholde kysterne. Hvert år bruger Kystdirektoratet ca. 80 mio. kr. på at beskytte og vedligeholde kysten især ved at tilføre sand i kystzonen langs den centrale del af den jyske vestkyst.



Udfordringen ved Hanstholm Havn var at konstruere den således, at den ikke ville sande til ustandseligt.



"Hvis naturen fik lov at råde, ville kysten hurtigt komme til at se helt anderledes ud. Havet ville nemlig årligt spise seks meter af den centrale del af den jyske vestkyst."

"Det betyder jo ikke, at Danmark ville skrumpes så meget, for materialet lægger sig andre steder."

En kendt strækning, hvor det er besluttet at lade naturen råde, omfatter Maarup Kirke ved Lønstrup. En beslutning, der lokalt har skabt stor debat. Men kigger man ud i verden, er der problemer i en noget større skala at få øje på.

"Et land som Bangladesh oplever allerede betydelige problemer med oversvømmelser, både fra landsiden og fra havet. Tsunami-katastrofen i 2004 har medført, at Verdensbanken og andre donorer har åbnet for investeringer i kystsikring i landene omkring Det Indiske Ocean."

"Den stigende vandstand er oplagt at tage med i forvaltningen. Næste skridt bliver at tage højde for de ændrede vind- og vejrforhold. Man skal være opmærksom på, at den

gennemsnitlige vandstand er én ting, den ekstreme bølgehøjde en anden. Prognoserne viser, at de største bølger vil blive markant større. Det er noget, man skal tage højde for i forbindelse med planlægningen af alle tekniske anlæg som havne, diger og olieplatforme," siger Ida Brøker fra DHI.

Ifølge professor Jørgen Fredsøe fra MEK bliver en af de største udfordringer at sikre verdens lavtliggende storbyer som London, Sankt Petersborg, Venedig og New Orleans.

"Der er ekstra komplikationer ved flere af disse byer, fordi de er placeret ved flodmundinger. Her kommer der vand bagfra, og det skal løbe ud i havet. Men det får sværere ved at komme ud, når vandstanden stiger i havene. Derfor kan man ikke sikre f.eks. London ved bare at bygge digerne højere."

#### Flere ingeniører, tak

Ida Brøker mener, at det endnu er for tidligt at sige, hvor stor en del af opgaverne, DHI kan se frem til at løse.



#### DANSK HYDRAULISK INSTITUT

DHI er et GTS-institut (godkendt teknologisk service) med 700 medarbejdere. Halvdelen af disse arbejder uden for Danmark, og eksportandelen er på ca. 80 pct. I øjeblikket tegner Dubai, Brasilien, Indien, Frankrig og Italien sig for de største kystopgaver.

"Vi står godt rustet takket være det meget stærke faglige miljø inden for kystteknik i Danmark. Desværre er produktionen af kandidater med specialviden inden for hydraulik gået ned i de senere år. Det kan true den danske styrkeposition på længere sigt. Hvis DTU kan gøre flere studerende interesseret i faget, er jeg overbevist om, at der også vil være arbejde til dem." <



#### YDERLIGERE OPLYSNINGER

Professor Jørgen Fredsøe, [jf@mek.dtu.dk](mailto:jf@mek.dtu.dk)



"Det er en politisk beslutning, hvilke strækninger der skal sikres, og hvilke der skal følge en naturlig udvikling," fortæller Ida Brøker. Fotoet viser Maarup Kirke ved Lønstrup.

# NY TEORI OM JORDENS OPVARMNING

Solens magnetfelt er blevet kraftigere gennem de seneste 100 år. Dermed slipper mindre kosmisk stråling ned til Jorden. Det kan betyde færre skyer og dermed en lidt varmere klode

MORTEN ANDERSEN >

Et dansk eksperiment tilbyder en ny forklaring på en del af den globale opvarmning. Gennem de seneste 100 år er styrken af Solens magnetfelt blevet ca. fordoblet. Magnetfeltet beskytter hele Solsystemet mod kosmisk stråling. Et stærkere magnetfelt betyder, at mindre kosmisk stråling slipper ned til os. Ifølge eksperimentet er strålingen med til at skabe betingelserne for dannelse af skyer. Så når der bliver mindre af den kosmiske stråling, dannes der færre skyer. Da skyer generelt har en kølende virkning, betyder det, at et stærkt magnetfelt omkring Solen er lig med højere varmegrader på Jorden.

"Vi har påvist en mekanisme, der er med til at forklare, hvorfor Solens stærke magnetfelt giver et bidrag til den globale opvarmning. Hvor betydningsfuld mekanismen er i den rigtige atmosfære for den globale opvarmning er genstand for intens forskning. Og vi håber at kaste lys over, hvor meget af den opvarmning vi nu ser, er menneskeskabt, og hvor meget er naturligt," siger seniorforsker Henrik Svensmark, Danmarks Rumcenter på DTU.

Sammen med seniorforsker Jens Olaf Pepke Pedersen og ph.d.-studerende Martin B. Enghoff har han udført eksperimentet SKY.

## Skyer kræver partikler

I folkeskolen lærer vi, at skyer dannes, når luft, som er varmet op af et varmt område af havet eller landjorden, stiger til vejrs. I takt med opstigningen af-

køles luften, hvilket fører til, at luftens indhold af vand fortættes til vanddråber, som tilsammen danner skyer.

Her har man dog udeladt en mellemregning. Fortætningen forudsætter, at der er små partikler til stede i luften, som vanddråberne kan sætte sig på. Partiklerne, som man også kalder kondensationskerner, kan være korn af havsalt, støv eller røgpartikler fra vulkanudbrud og forurening.

## Ioniserer molekyler

Dertil lægger det danske eksperiment yderligere en faktor. Kosmisk stråling er nemlig i stand til at ionisere molekylerne i atmosfæren. Dermed skabes der mulighed for reaktioner, der fører til dannelse af ekstra kondensationskerner. Først og fremmest har eksperimentet påvist, at strålingen kan give anledning til dannelse af små klynger af svovlsyre (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>), som dermed fremmer dannelsen af skyer.

Skyer kan både virke opvarmende og afkølede.

"I det samlede billede dominerer den kølende effekt. Det skyldes blandt andet, at de lyse skyer øger Jordens albedo (de lyse skyer kaster en stor del af Solens varmestråling tilbage til rummet, red.)," siger Jens Olaf Pepke Pedersen. Hovedparten af den kosmiske stråling er skabt ved eksplosioner af stjerner – supernovae – i vores egen galakse Mælkevejen.

Heldigvis er det ikke overladt til Solens magnetfelt alene at beskytte os mod kosmisk stråling. Jorden har også sit eget magnetfelt, som sam-

men med atmosfæren bevirker, at vi kun modtager ca. en pct. af den stråling, som eksempelvis en astronaut på den internationale rumstation modtager. Men Solens magnetfelt tilføjer en ekstra beskyttelse.

Mængden af kosmisk stråling, som rammer Solsystemet, varierer, men når man ser på tidsrum som årtier eller århundreder, kan man betragte strålingen som konstant.

Når vi derfor kan se et fald i den stråling, der har ramt os gennem de seneste år, må det være et udtryk for, at Solens stærkere magnetfelt har stoppet en del af strålingen.

Resultaterne er offentliggjort i det britiske videnskabelige tidsskrift *Proceedings of the Royal Society*. I samarbejde med det internationale forskningscenter CERN i Svejs skal de danske rumforskere nu teste en udvidet version af eksperimentet.

Ud over måske at forklare en del af den globale opvarmning håber Jens Olaf Pepke Pedersen, at den fortsatte forskning vil forbedre modellerne for klimaet:

"Netop dannelsen af skyer er et af de svageste led i modellerne. Mens de forskellige modeller er nogenlunde enige om udviklingen i temperaturen, varierer deres forudsigelser af skydannelsen kraftigt. Det vil vi meget gerne kaste lys over." <

**YDERLIGERE OPLYSNINGER**  
Seniorforsker Henrik Svensmark,  
hsv@space.dtu.dk



Langt de fleste steder i Grønland har man mulighed for at placere byggeri på grundfjeld, men når man anlægger veje, kan man i sagens natur ikke undgå at skulle over områder med løsjord. Derfor er det vejene, der bliver størst problemer med, når klimaet bliver varmere.

# BRUG LYS ASFALT, NÅR PERMAFROSTEN TØR

Ændringerne i klima vil mindske forekomsten af permafrost i Grønland. Det øger risikoen for sætningsskader på vejene

MORTEN ANDERSEN >

Der er millioner af kroner at spare, hvis de grønlandske vejes levetid kan forlænges. Problemet ved at bruge normal asfalt er, at den mørke flade suger sollyset til sig. Når asfalten bliver varm, kan det medføre, at permafrosten i jorden under vejen tør op. Det kan give anledning til, at den sætter sig væsentligt mere, end hvis overfladen var lys, og problemet bliver yderligere forstærket i takt med, at klimaet bliver varmere.

Forsøg viser, at hvis man maler vejens overflade hvid, vil man typisk flytte grænsen mellem permafrost og optøet jord en meter højere op i jorden. Det betyder en meter mindre, der kan sætte sig. Det vil mange steder gøre forskellen mellem ujævnheder i belægningen og egentlige huller, der vil gå hårdt ud over både trafikikkerheden og bilernes levetid.

"Nu kan man ikke bare male de grønlandske veje hvide. Det vil nemlig skabe problemer med isslag, så

vejene bliver glatte. Men det må klart anbefales, at man for eksempel bruger lyse tilslagsmaterialer og på den måde sørger for, at en større del af sollyset reflekteres tilbage til rummet," siger adjunkt Thomas Ingeman-Nielsen, Center for Arktisk Teknologi (Artek) på DTU.

Han arbejder på et storstilet projekt finansieret af det amerikanske forskningsråd National Science Foundation.

Forskerne har netop installeret temperaturfølere i borehuller ned til fire meters dybde i fire byer langs den grønlandske vestkyst. I den sydlige ende, ved Nuuk, er der næsten ingen permafrost i jorden, mens der i nord, ved Ilulissat, er permafrost overalt. Mellem de to ekstremer varierer udbredelsen af permafrost afhængigt af de lokale topografiske, geologiske og klimamæssige forhold.

Temperaturmålingerne er en del af Arteks samarbejde med Asiaq

(Grønlands Forundersøgelser), Danmarks Meteorologiske Institut samt University of Fairbanks, Alaska, hvor formålet er at modellere udbredelsen og ændringer af permafrost i arktiske områder.

"Resultaterne skal bruges til planlægning og tilpasning af Grønlands infrastruktur," forklarer chefen for Asiaq, cand. scient., ph.d. Keld Hornbech Svendsen.

Asiaq kortlægger byer og bygder, vurderer funderingsforhold og vandpotentialer.

"Alle disse områder vil blive berørt, hvis permafrosten tør. Men projektet har primært videnskabeligt sigte, idet vi ønsker at justere globale klimamodeller til lokale områder langs Grønlands vestkyst," siger Keld Hornbech Svendsen. <

**!** YDERLIGERE OPLYSNINGER

Adjunkt Thomas Ingeman-Nielsen,  
tin@byg.dtu.dk

# CO<sub>2</sub>- FATTIG RØG

Både DONG Energy og Vattenfall tror på, at kulfyrede kraftværker kan fjerne drivhusgassen fra røgen og deponere den i undergrunden. Ny rapport fra MIT vurderer, at netop denne teknologi vil få størst betydning for beskyttelsen af miljøet

MORTEN ANDERSEN >

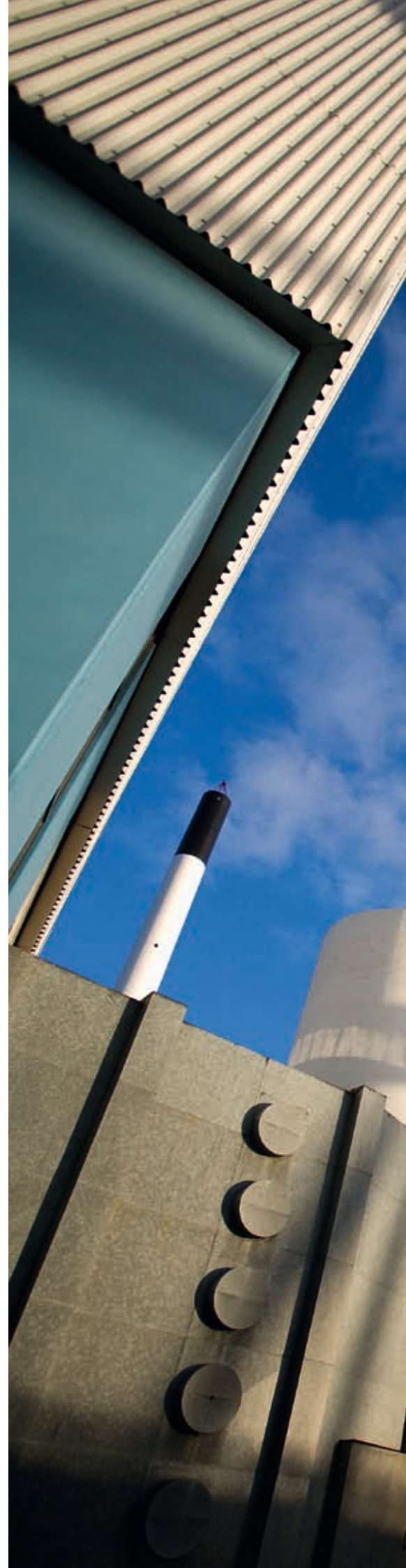
Hvis prisen for at udlede CO<sub>2</sub> kommer op på 25 dollar per ton, vil det være rentabelt at trække drivhusgassen ud af røgen på kulfyrede kraftværker for at pumpe den ned i undergrunden.


Det vurderer en ny rapport fra Massachusetts Institute of Technology. Rapporten "The Future of Coal" er skrevet af en tværfaglig gruppe af forskere på MIT. Gruppen konkluderer, at fjernelse af CO<sub>2</sub> på kraftværkerne og efterfølgende deponering – eller CCS, Carbon Capture and Storage – er den løsning, der får størst betydning for bestræbelserne på at begrænse drivhuseffekten i de kommende mange årtier.

I øjeblikket har kun EU et system for handel med CO<sub>2</sub>-kvoter. Prisen svinger ganske meget, men i lange perioder har den været oppe på 16-17 euro per ton. Altså ikke så langt fra den pris, som MIT-analysen angiver.

Vattenfall deltager i en EU-teknologiplatform "Zero Emission Fossil Fuel Power Plants". Her er visionen, at en eller flere CCS-teknologier skal være kommercielt klar i 2020. Et delmål er at have 10-12 demonstrationsanlæg i drift i Europa i 2015.

"Jeg vil gerne understrege, at vi ikke betragter CCS som en erstatning for hverken vedvarende energi eller energibesparende foranstaltninger. Vattenfall vil fortsat investere massivt i ved-





Rundt om i verden er der et intenst kapløb i gang om at udvikle teknologier, der kan isolere drivhusgasser fra kraftværkers røg.

varende energi og energibesparelser i de kommende år. Dog må man se i øjnene, at der vil være en overgangsperiode, hvor man ikke kan undvære kul. Sagt på en anden måde kan klimaet ikke vente på, at vedvarende energi og energibesparelser løser problemerne. Derfor er CCS næsten en nødvendighed. Det viser de fleste realistiske analyser,” siger Hakon Mosbech, nordisk engineeringchef i Vattenfalls division Thermal Power.

#### **Kræver folkelig opbakning**

I Tyskland ved Schwarze Pumpe kraftværket er Vattenfall allerede i gang med at opføre et pilotanlæg. Vi får imidlertid ikke CCS i fuld skala de nærmeste år, mener Hakon Mosbech:

”Ud over teknologisk udvikling vil det kræve store investeringer. Dels er der udgifterne til selve udstyret, dels vil man få et energitab i forbindelse med fjernelse og deponering af CO<sub>2</sub>. Mit bedste bud er, at kraftværkernes elvirkningsgrad vil blive mindsket fra de nuværende ca. 45 pct. til ca. 35 pct.”

”Omvendt må man erkende, at vedvarende energi også er dyrt. Jeg mener, at man bør betragte CCS-strøm på linje med anden CO<sub>2</sub>-fri strøm. I direkte konkurrence med havvindmøller og solceller kan det godt være, at CCS viser sig billigst. Endelig bliver det afgørende at opnå folkelig accept af, at man pumper CO<sub>2</sub> ned i undergrunden. Nogle kritikere vil sikkert sige, at dette bare er noget, kulindustrien gør for at få lov til at køre videre.”

Også DONG Energy arbejder med CCS. I Esbjerg blev der for to år siden installeret et pilotanlæg, hvor man kører en normal forbrænding og

&gt;&gt;

leder røggassen til et efterfølgende procesanlæg. Her bringes røggassens indhold af CO<sub>2</sub> til at reagere med en amin-opløsning (aminer er organiske forbindelser afledt af ammoniak, NH<sub>3</sub>). Efterfølgende koges blandingen, så CO<sub>2</sub> frigøres, inden den endelig komprimeres og er klar til at blive pumpet i undergrunden.

"Pilotprojektet i Esbjerg viser, at det sagtens kan lade sig gøre. Imidlertid er det store spørgsmål, om vi kan få nedsat energiforbruget, ellers bliver dette ikke fremtidens teknologi," siger Willy van Well, koordinator for DONG Energys teknologiudvikling vedrørende CO<sub>2</sub>-capture.

DONG Energy har flere ideer til at forbedre energieffektiviteten.

"Blandt andet interesserer vi os for nye typer aminosolventer og for, om man kan erstatte den vandige opløsning af aminer med en blanding af ammoniak og vand. Her hjælper forskerne ved IVC-SEP os med at udarbejde procesmodeller," siger Willy van Well med henvisning til DTU's Center

for Phase Equilibria and Separation Processes på Institut for Kemiteknik.

Et andet forskningscenter under samme institut, CHEC, beskæftiger sig med en anden teknik til at indfange CO<sub>2</sub> kaldet oxy-fuel.

For at forstå princippet i oxy-fuel skal man tænke på, hvordan et kulfyret kraftværk normalt fungerer. Kul består overvejende af kulstof og brint. Under forbrændingen af kullene trækkes luft til. Hovedbestanddelene i atmosfærisk luft er kvælstof (ca. 78 pct.) og ilt (ca. 21 pct.). Med andre ord udgør kvælstof en meget stor del af røggassen på kraftværket. Det gør det svært at få fat i CO<sub>2</sub>'en.

Forestiller man sig, at luften bliver erstattet af ren ilt, får man et restprodukt, der er let at have med at gøre. Nemlig CO<sub>2</sub>, vand og ilt. Vandet kan man kondensere ud. CO<sub>2</sub> kan man komprimere, eventuelt sammen med ilten, og pumpe i undergrunden.

Desværre er tingene ikke så enkle, for hvis man virkelig erstattede luften med 100 pct. ilt, ville temperaturen

i kedlen stige til flere tusinde grader. Det ville udstyret slet ikke kunne holde til. I stedet interesserer CHEC-forskerne sig for en variant af oxy-fuel konceptet, hvor ilten blandes med CO<sub>2</sub> fra røggassen, som ledes tilbage til kedlen. Nettoresultatet bliver, at iltindholdet øges fra de normale 21 pct. til 28-30 pct. Dermed holder forbrændingstemperaturen sig på et niveau, som udstyret kan tåle. Samtidig har man fortsat fordelene i form af en røggas, hvorfra CO<sub>2</sub> kan komprimeres og pumpes i undergrunden.

### Omvendt drivhuseffekt

"Desuden giver processen mulighed for at fyre med både kul og biomasse. De planter, som udgør biomassen, har jo trukket CO<sub>2</sub> ud af atmosfæren under deres vækst, og hvis CO<sub>2</sub> fra forbrændingen ender med at blive pumpet i undergrunden, har vi med andre ord vendt drivhuseffekten på hovedet. Vi har så fået et kraftværk, som ikke blot er neutralt i forhold til klimaet, men direkte beskytter det!" siger professor Anker Degn Jensen, der leder forskningsprojektet sammen med lektor Peter Glarborg.

Det ligger dog ikke allerførst at tage biomasse med i regnestykket, understreger Anker Degn Jensen:

"Man skal være meget opmærksom på, at askeegenskaberne fortsat er af en ensartet høj kvalitet, når man samfyre med biomasse."

En pointe, som DONG Energys Willy van Well tilslutter sig:

"Specielt er vi opmærksomme på

## EN VERDEN MED KUL PÅ

Kul tegner sig i dag for ca. 25 procent af verdens samlede energiforsyning.

Der er ingen alternativ teknologi, som vil kunne erstatte verdens kulfyrede kraftværker inden for en overskuelig fremtid. Tværtimod siger alle prognoser, at kulkraftens andel af verdens samlede energiforsyning vil fortsætte med at stige i de kommende årtier. Alene USA har kulkraft svarende til 500 værker på hver 500 MegaWatt. Et 500 MW kulfyret kraftværk udleder ca. 3 mio. ton CO<sub>2</sub> årligt.

Kina bygger i øjeblikket, hvad der svarer til to 500 MW kulfyrede værker hver uge.

Kilde: "The Future of Coal", Massachusetts Institute of Technology, 2007.

svovlindholdet i asken. Vil det give nye problemer? I det hele taget betragter vi oxy-fuel teknologien som spændende, men også udfordrende. Når man erstatter luft med ilt og recirkuleret CO<sub>2</sub> er det selve hjertet i et kraftværk, man er inde at røre ved. Vi vil stå med en markant anderledes forbrændingsproces. Det rejser en række spørgsmål. Hvad sker der i forhold til varmeoptag og korrosion? Hvordan lægger man bedst recirkuleringen af CO<sub>2</sub> til rette? Kort sagt er oxy-fuel forbrænding så indgribende en teknologi, at vi er nødt til at opbygge en grundlæggende forståelse, inden vi kan tænke på at realisere den. Det hjælper CHEC-forskerne os med.”

”Samtidig er vi involveret i et større pilotprojekt i Storbritannien. Det britiske projekt er koordineret med forskningen på CHEC. Blandt andet har vi sørget for, at der testes samme type kul i begge projekter, så man har mulighed for at sammenligne resultaterne direkte.”

Ud over oxy-fuel og den amin-baserede fangst af CO<sub>2</sub> forskes der også i andre koncepter til at indfange CO<sub>2</sub>.

”Det kan være, at et helt tredje koncept når at komme på banen og vise sig bedst. Men med den viden, vi har i dag, ser det ud til, at oxy-fuel teknologien er billigst, fordi man slipper for flere leds efterbehandling,” siger Anker Degn Jensen, CHEC.

Oxy-fuel har dog også sine udfordringer. Først og fremmest skal man

producere ilt. Det sker mest økonomisk ved at destillere luft i et anlæg, som skal stå på kraftværket.

### NO<sub>x</sub>

Samtidig skal man finde måder at begrænse udslippene af kvælstofoxider (NO<sub>x</sub>) fra den ændrede proces. Man kunne måske tro, at NO<sub>x</sub>-problemerne var historie, når man slipper for luftens store bidrag af kvælstof (N). Men faktisk indeholder kul 1-2 pct. kvælstof. Det lyder af lidt i forhold til luftens 78 pct. men er alligevel en væsentligere kilde til NO<sub>x</sub>-dannelse. En kilde, som man fortsat også har med oxy-fuel teknikken. Derfor må man optimere forfra igen for at få en proces, der giver mindst muligt NO<sub>x</sub>.

”En yderligere udfordring er, at mens CO<sub>2</sub> er inert (kemisk inaktiv, red.) i røggassen med dagens teknologi, vil man med oxy-fuel få langt højere koncentrationer. Det kan give anledning til reaktioner, der giver CO som resultat. CO kan forårsage korrosion omkring brænderne. Derfor gælder det om at skabe forhold, der giver mindst mulig CO-dannelse,” siger Peter Glarborg.

### Toget kører

”Forskerne på DTU er godt med i en international sammenhæng,” siger DONG Energys Willy van Well:

”Set fra vores synspunkt ville det være godt, hvis der også var andre danske forskergrupper med. Der bliver sat en masse i gang i EU. Det er et tog, som kører, og hvor det gælder

om at være med. I DONG Energy betragter vi DTU's forskning i fangst af CO<sub>2</sub> som meget spændende og yder da også væsentlige bidrag til flere af projekterne. Det er absolut for tidligt at sige, hvilken CO<sub>2</sub>-capture teknologi, der vil vise sig bedst.”

Heller ikke Vattenfall ønsker at udpege en vinder i kapløbet mellem de forskellige teknologier:

”Til gengæld tør jeg godt love, at vi vil se markante fremskridt for en eller flere af teknologierne i den nærmeste fremtid. For bare 5-6 år siden blev CCS ikke taget særlig alvorligt. På verdensplan var der under 1.000 mennesker, som forskede i det. Den situation har ændret sig markant nu, hvor CCS er kommet ind på den energipolitiske dagsorden. Med det høje aktivitetsniveau skulle det være mærkeligt, hvis der ikke skete spring fremad,” siger Hakon Mosbech og slutter:

”Forskningsgrupperne på DTU er med fremme internationalt, men volumen er for lille. Virksomheder i branchen og forskningsgrupperne har været klar i nogle år, men desværre har det været svært at tiltrække offentlige midler. CCS bør være et dansk vækstområde i lyset af de traditioner for udvikling, vi har i branchen og forskningen herhjemme. Det er et område, som vokser hurtigt. Vi er kommet med på vognen i sidste øjeblik.” <

**!** YDERLIGERE OPLYSNINGER  
**Professor Anker Degn Jensen, aj@kt.dtu.dk**  
[www.co2castor.com](http://www.co2castor.com)  
[www.zero-emissionplatform.eu/website/](http://www.zero-emissionplatform.eu/website/)  
[www.vattenfall.com](http://www.vattenfall.com)



# ER DER NOGET GIFTIGT INDENI?

Mere end 30.000 kemikalier skal registreres og risikovurderes, så de ikke skader vores sundhed eller miljøet. Det er konsekvensen af en ny EU-lov, der trådte i kraft 1. juni

PIA JØRNØ >

"Man har hidtil kunnet producere og bruge langt de fleste kemikalier helt frit, selvom vi ikke ved ret meget om, hvordan de virker på mennesker og miljøet," siger biolog Henrik Søren Larsen fra Miljøstyrelsen. Han forklarer, at der kun er meget lidt offentlig viden om f.eks. de kemikalier, som

Loven gælder ikke kun for selve de kemiske stoffer men også alle de produkter, der er kemikalier i – fra kosmetik og legetøj til vaskepulver og maling.

bruges i mængder på mere end 1.000 tons pr. år i EU.

"Vi har så få oplysninger, at vi kun er i stand til at vurdere risikoen ved cirka 14 procent af disse stoffer. Og det er endda kun de mest basale oplysninger, vi har om dem," tilføjer han.

Men der er nye tider på vej. EU's nye kemikalielov, REACH, betyder, at mere end 30.000 kemikalier nu skal registreres og risikovurderes. Samtidig skal de anvendes forsvarligt, så de ikke skader menneskers sundhed eller miljøet.

"REACH er det mest omfattende stykke EU-lovgivning nogensinde," vurderer Henrik Søren Larsen og fortæller, at EU-forordningen regulerer kemikalierne gennem hele deres

livscyklus – lige fra fremstilling eller import og til bortskaffelse. Og loven gælder ikke kun for selve de kemiske stoffer men også alle de produkter, der er kemikalier i – fra kosmetik og legetøj til vaskepulver og maling.

## Bevisbyrden hos virksomheder

REACH, der trådte i kraft 1. juni 2007, er en større mundfuld for erhvervslivet. Med REACH bliver det nemlig virksomhederne selv, som skal undersøge risikoen ved hvert enkelt kemikalie/produkt og dokumentere, hvordan det kan anvendes forsvarligt.

"Dét er en stor og grundlæggende omvæltning. Tidligere var det nemlig myndighedernes opgave at bevise, at brugen af et kemisk stof var farlig,





før det kunne forbydes eller begrænses,” siger Henrik Søren Larsen. Men naturligvis vil myndighederne i fremtiden foretage stikprøvekontrol af, om virksomhederne nu også overholder REACH.

Som supplement til selve REACH-lovteksten er der blevet udarbejdet strategier for, hvordan virksomhederne skal lave risikovurderinger, dokumentation osv. Strategierne er formuleret i tværnationale arbejdsgrupper med blandt andet industrirepræsentanter, NGO'er og uvildige eksperter.

”Vi har haft et godt samarbejde med DTU i den forbindelse,” fortæller Henrik Søren Larsen og nævner, at eksperter fra Fødevarainstitutet har været med til at fastlægge, hvordan virksomhederne skal teste stoffernes effekt på forplantningsevne, fosterskader, kræft og andre langtidsskader.

#### Gør det en forskel?

Lektor Michael Hauschild fra DTU's Institut for Produktion og Ledelse har bidraget til EU's udformning af en baseline – et grundlag for at man senere kan bedømme, om REACH har gjort en forskel.

”En baseline er en statistisk baseret analyse af, hvordan kemikalierne

påvirker vores situation her og nu. Man kan så måle på nøjagtig samme måde om f.eks. fem år og sammenligne resultatet med baselinen for at se, hvilke effekter REACH har haft,” fortæller han og tilføjer: ”Det er rimelig fremsynet at udarbejde en baseline for en lovgivning. Det er sjældent, at det bliver gjort.”

Også DTU's Institut for Miljø & Ressourcer har bidraget med ekspertviden. Et team af forskere arbejder inden for risikovurdering af kemikalier, f.eks. for hormonforstyrrende egenskaber. Desuden underviser

instituttet allerede ingeniørstuderende i REACH i faget ”Miljökemi og økotoxikologi” og de kommende miljökemikere fra Københavns Universitet i faget ”Miljøriskovurdering af kemikalier”.

REACH-proceduren består af tre hovedopgaver: Først skal virksomhederne risikovurdere kemikalierne og registrere dem hos det nye Europæiske Kemikalieagentur i Helsingfors. Og selvom lovgivningen først skal være fuldt udmøntet i 2022, skal erhvervslivet være oppe på mærkerne allerede nu.

&gt;&gt;

## MANGE VIRKSOMHEDER ER OMFATTET

REACH omfatter såvel producenter og importører af kemikalier som såkaldte downstreambrugere. ”Loven gælder for mange flere virksomheder, end man umiddelbart skulle tro. En større metalfabrik kan meget vel være importør, hvis den selv importerer sin skæreeolie fra et land uden for EU,” siger Henrik Søren Larsen.

Downstreambrugerne er både de virksomheder, der fremstiller produkter med kemikalier, f.eks. malingsproducenter, og dem, der arbejder med kemiske stoffer eller produkter, f.eks. malere.

”Malingproducenten har pligt til at risikovurdere og registrere kemiske stoffer i maling, hvis de selv importerer dem til EU. Producenten skal også lave anvisninger for, hvordan malingen skal anvendes og bortskaffes for ikke at gøre skade. Og maleren skal bruge produktet forsvarligt, altså følge producentens anvisninger,” fortæller Henrik Søren Larsen.



## REACH står for: Registration, Evaluation and Authorisation of Chemicals

"I 2010 skal de 3-4.000 mest anvendte stoffer være registreret. Det svarer til cirka 90 procent af den totale mængde af kemikalier," fortæller Henrik Søren Larsen.

Til gengæld står myndighederne for evaluering, som er en af de andre tre hovedopgaver.

"Evaluering handler om at vurdere forslag til nye tests, ligesom vi for udvalgte stoffer vil gennemgå de data, virksomhederne har indsendt, og afgøre, om der er brug for flere undersøgelser," fortæller Henrik Søren Larsen.

Den tredje store opgave er godkendelse af de farligste stoffer. Her kræves en stor indsats fra både virksomheder og myndigheder.

"Vi får fortsat brug for vores samarbejdspartnere på DTU som eksperter, især i forbindelse med evaluering og udvikling af nye metoder til at undersøge stoffernes skadevirkning," siger Henrik Søren Larsen. <

### ! YDERLIGERE OPLYSNINGER

Lektor Michael Hauschild, [mic@ipl.dtu.dk](mailto:mic@ipl.dtu.dk),  
lektor Kresten Ole Kusk, [kok@er.dtu.dk](mailto:kok@er.dtu.dk) og  
instituddirektør Henrik Wegener,  
[hcw@food.dtu.dk](mailto:hcw@food.dtu.dk)

[www.mst.dk/Kemikalier](http://www.mst.dk/Kemikalier)

## HJÆLP TIL VIRKSOMHEDER

TINE KORTENBACH >

På Institut for Kemiteknik har en forskergruppe under ledelse af professor Rafiqul Gani udviklet modeller, som kan forudsige de fleste vigtige egenskaber for et bredt spektrum af organiske kemikalier. Ved hjælp af dette kan virksomheder hurtigt finde ud af, om et organisk kemikalie, som de bruger eller udleder til omgivelserne, er i overensstemmelse med REACH.

"Da den afsluttende verifikation skal foregå via eksperimenter, kan virksomhederne spare tid og ressourcer ved at bruge vores modeller og software, hvorved de hurtigt

får identificeret, hvor problemerne ligger. De kan derfor koncentrere sig om problemområder."

Softwaren har også en stor database med målte data for kemiske egenskaber. Modellerne kan forudsige egenskaber for de fleste organiske kemikalier, registreret i REACH, og for de nye kemikalier, der bliver skabt i fremtiden. <

### ! YDERLIGERE OPLYSNINGER

Professor Rafiqul Gani, [rag@kt.dtu.dk](mailto:rag@kt.dtu.dk)



Deltagerne forlader 0-energi huset efter indvielsesceremonien den 11. april 1975. Forrest ses professor Vagn Korsgaard sammen med den svenske konge Carl Gustav. Dronning Margrethe samtaler med husets arkitekt, nu afdøde professor Knud Peter Harboe.



FOTO: TH. LUND MADSEN

## Da energirigtigt byggeri trådte sine barnesko

MORTEN ANDERSEN OG TINE KORTENBACH >

"På Lundtoftesletten nord for København ligger et mærkeligt hus! Det er et prøvehus – et såkaldt 0-energi hus – bygget af Danmarks tekniske Højskole".

Sådan indleder magasinet Bo Bedres skribent arkitekt (MAA) Sven Bork sin begejstrede anmeldelse. På billederne slynger høje planter sig op mod glasoverdækningen i husets atrium, mens blød belysning og cremefarver dominerer det store rum, hvor spisekøkken og stue går i ét.

Bo Bedres artikel er fra 1975. Dengang var der tale om en international sensation, direkte affødt af oliekrisen. Mindre end en indvielse med deltagelse af såvel Hendes Majestæt Dronning Margrethe II og Kong Carl XVI Gustav af Sverige kunne ikke gøre det.

Huset er skabt af professorerne Knud Peter Harboe og Vagn Korsgaard, der siden er blevet kaldt indeklimaets fader.

### Plaget af børnesygdomme

Det lykkedes dog aldrig at gøre huset energimæssigt neutralt. Som alle andre pionerprojekter måtte huset trækkes med en række børnesygdomme, f.eks. kom der frostsprængninger i solfangeren. Dengang tilsatte man nemlig ikke glycol som frostvæske. I stedet skulle vandet lukkes ud af systemet om natten og på frostdage.

Samtidig var der problemer med et filter i det system, som sørgede for at genvinde varmen fra husets grå spildevand (vand fra opvask, håndvask mv.). Det betød, at varmen i husets energilager – vandet i en stor tank,

der blev varmet op af solvarmen i løbet af sommeren – ikke som planlagt rakte til hele vinteren, men var opbrugt allerede inden jul.

I dag står huset noget upåagtet hen i den nordlige del af campus som et monument over 70'ernes eksperimenter med alternative energikilder, men lektor Carsten Rode fra Byg•DTU er ikke i tvivl om, at huset var banebrydende.

For eksempel er de løsninger, der blev valgt med hensyn til tykkelsen af isoleringen og med hensyn til ventilation med varmegenvinding, blevet standard i moderne byggeri i dag. Også hele bygningens konstruktionsprincip med lette, præfabrikerede elementer var nytænkende. <



FOTO: POLYTECHPHOTO



FOTO: SCANPIX

I gennemsnit er der salmonella i 20,4 pct. af EU's besætninger af æglæggende høns. Det viser den første undersøgelse, hvor alle lande undersøges efter samme metode.

# SALMONELLA SUCCES

Ekspertter fra både EU og WHO kommer til Danmark, når de skal have råd om, hvordan kampen mod salmonella kan vindes. Det skyldes, at Danmark har erkendt problemet og fået styr på de fødevarerborne bakterier ved hjælp af en systematisk indsats

TINE KORTENBACH >

”Vi er nødt til at leve med salmonella. Og så må vi koge og brase os ud af problemerne.” Det har ifølge direktør for DTU’s Fødevarerinstitut, Henrik Wegener, været holdningen i store dele af Europa. Man mente også, at skandinaverne så spøgelser ved højlys dag, når de gik så højt op i at bekæmpe salmonella.

Men i dag har Danmark bevist, at salmonellaproblemet kan løses – og endda på en økonomisk overkommelig måde. De andre lande er derfor begyndt at rette blikket mod nord for at få gode råd om, hvordan kampen mod de ubudne gæster i vores mad skal gribes an.

Den Europæiske Fødevarerikkerhedsautoritet (EFSA) har udpeget Fø-

devarerinstitutionen på DTU til at være ”Collaboration Centre”.

Det indebærer, at Fødevarerinstitutionen analyserer data fra alle 25 medlemslande og er med til at overvåge situationen i alle landene med hensyn til fødevarerborne sygdomme, som foruden salmonella også kan skyldes trikiner, campylobacter og en lang række andre mikroorganismer, der med et fagudtryk kaldes zoonoser.

”Mens vi her i Danmark ledte med lys og lygte efter salmonellabakterier, virkede det som om, at de andre lande lukkede øjnene for dem. Men sidste år lykkedes det endelig at få gennemført den første ’baselineundersøgelse’, hvor besætninger af æglæggende høns fra alle EU-lande

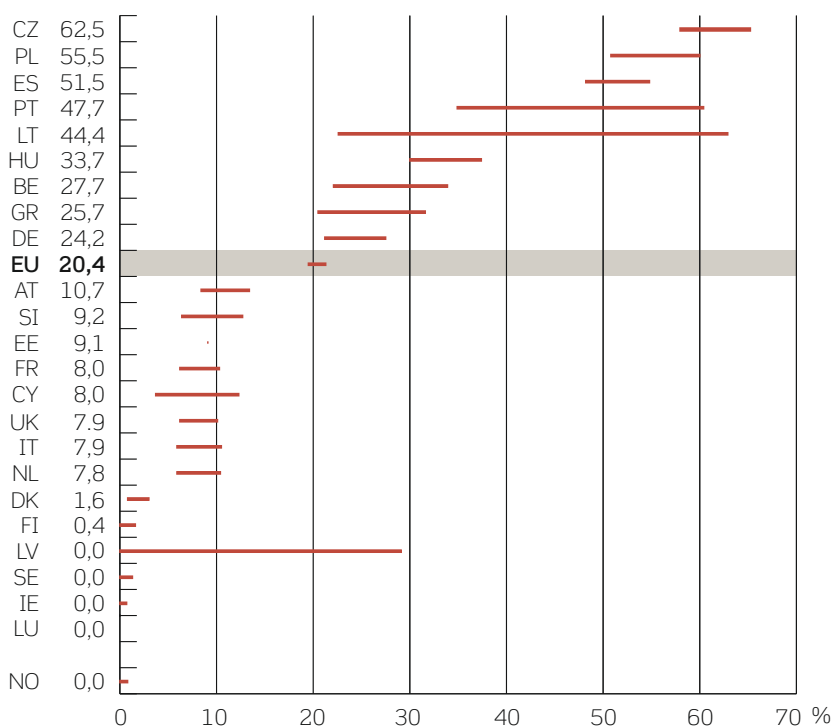
bliver undersøgt efter samme metode,” fortsætter Henrik Wegener.

Med den nye undersøgelse i hånden kan de andre lande ikke længere påstå, at salmonella i æg udelukkende er et skandinavisk problem. I gennemsnit var der salmonella i 20,4 pct. af besætningerne i EU. Tjekkioslovakiet topper listen med salmonella i 62,5 pct. af besætningerne. Derefter kommer Polen og Spanien med henholdsvis 55 og 51 pct. Tyskland har salmonella i knap en fjerdedel af besætningerne. I bunden ligger Sverige og Norge, som har 0 pct., og Danmark med 1.6 pct.

”Danmark har for nyligt besluttet, at landet vil være teknisk fri for salmonella i slagtekyllinger og æg. Når

>>

Forekomsten af salmonella i besætninger på mere end 1000 høns i EU's medlemslande og Norge, 2004-2005. For hvert land er gennemsnittet samt 95 pct. signifikansintervallet angivet. EU's gennemsnit er 20,4 pct.



En simpel og billig test for antistoffer var en vigtig forudsætning for succes i kampen mod salmonella i æg.

det lykkes, er det håbet, at vi kan stille standardkrav til importerede varer fra de andre EU-lande, lige som Sverige kan i dag,” fortsætter Henrik Wegener.

”I øjeblikket gennemfører vi i Danmark en såkaldt ‘case by case’ analyse af indholdet af salmonella og campylobacter i importerede varer. Og hvis det er meget slemt, kan vi sende specifikke partier af f.eks. slagtekyllinger fra Frankrig tilbage.”

”Det er ikke urealistisk, at vi får lov til at stille importkrav. Hele EU er ved at flytte sig, og der er kommet en forståelse for, at de lande, der går forrest, kan vise vejen.”

### Lig på bordet

Desværre viser erfaringerne, at salmonella først bliver taget alvorligt, når der bogstavelig talt kommer lig på bordet.

Det kan svenskerne tale med om.

”For mere end 50 år siden oplevede Sverige et udbrud med 90 dødsfald pga. salmonella,” husker Henrik Wegener, der tilføjer, at det i øvrigt var et af de svenske forbehold ved indmeldelsen i EU, at de kunne få lov til at afvise fødevarer med den begrundelse.

De fleste danskere kan sikkert også huske, da en uheldig jysk husmor i slutningen af 90'erne kom til at slå både naboen og dennes søn ihjel med en hjemmelavet kiksekage. Store, dramatiske avisoverskrifter som ”Døden i kiksekagen” gjorde deres til, at

den såkaldte salmonellaskandale fik politisk bevågenhed.

"Den generelle holdning var, at salmonella altid har eksisteret ude i staldene, og at der stort set ikke var noget at gøre. I udlandet var man kommet til den konklusion, at der udelukkende skulle fokuseres på hygiejnen på slagterierne," husker Henrik Wegener.

#### Landbruget skal med

Men en af grundene til den danske models succes er ifølge Henrik Wegener forståelsen for, at fødevarerikkerheden ofte starter allerede i besætningerne. Det er ikke nok at holde rent på slagtegangen eller i forbrugernes køkken. Landbruget skal også spille med, og lægerne skal samarbejde med den veterinære ekspertise.

Den danske indsats startede i slutningen af 80'erne, da slagtekyllingerne begyndte at give anledning til et stigende antal salmonellatilfælde. I begyndelsen af 90'erne begyndte antallet af tilfælde fra svineköd at eksplodere.

Salmonella gør ikke svinene syge, men bakteriernes tilstedeværelse giver anledning til, at dyrene udvikler antistoffer.

"Vi fandt ud af at teste for disse antistoffer. Ingen havde tidligere haft fantasi til at forestille sig, at man kunne teste for antistoffet for en sådan bakterie, som er ganske fredelig for dyrene."

"Vi fandt også ud af, at vi ikke behøvede at tage blodprøver, men vi kunne nøjes med kødsaft. Ved at skære et lille stykke köd (1 x 1 cm) ud af halsmuskulaturen på slagtekroppene og derefter fryse og tød det op igen kunne man få tilstrækkelig ködsaft til analysen."

Det var en nem og billig måde at teste mange dyr på, og i samarbejde med erhvervet blev det hurtigt sat i system, så der hvert år blev udtaget op imod 1 mio. prøver. Hver eneste besætning blev undersøgt og graderet. Derved kunne man koncentrere sig om de besætninger, der havde problemer.

"Hele dette setup gjorde, at frekvensen af salmonella faldt markant i svineköd. Landbruget har i øvrigt selv overtaget ansvaret, og i dag er niveauet stadig meget lavt i Danmark. Årligt registreres 22 tilfælde forårsaget af dansk svineköd pr. 100.000 indbyggere, og det er en tiendedel af antallet, da vi startede."

#### Så blev den gal med æggene

Men glæden varede kort. For knap havde myndigheder, erhverv og det daværende Statens Veterinære Serumlaboratorium fået bugt med salmonella i svineköd, før problemerne i æg begyndte at vokse.

Men endnu engang lykkedes det med en systematisk forsknings- og udviklingsindsats at forstå problemet,



FOTO: FØDEVAREINSTITUTTET

Udvikling af en genial test for antistoffer i svineköd gjorde det muligt at undersøge alle svinebesætninger på en nem og billig måde.

finde de største kilder og lægge indsatsen der ved hjælp af en billig og nem testmetode, der ikke indebar, at hønsene skulle slås ihjel. Ved at teste for antistoffer i æggene kunne man hurtigt finde de smittede hønseflokk og sætte dem ud af spillet.

"Løsningen blev 100 pct. forsknings- og videnskaberet, opfundet under betydeligt tidspres, og det lykkedes kun, fordi det rette forskningsmiljø var der. Selvfølgelig red vi på en bølge af massiv presseomtale, og der var heldigvis politisk vilje til at gøre noget."

Henrik Wegener glemmer aldrig, da han i 1996 stillede sig op foran Folketingets Fødevarerudvalg og lovede, at salmonellaproblemet ville blive halveret på tre år, hvis de bevilgede næsten 200 mio. kr. til et bekæmpelsesprogram.

"Det var som at lægge hovedet i løkken! Vi havde jo ingen garanti for, at det virkede. Der kunne f.eks.

>>

## “Den danske indsats (...) er et vigtigt bidrag til den globale sundhed.”

Robert Tauxe, vicedirektør i USA's Seruminstitut (CDC)

pludselig være dukket en ny type salmonella op, eller producenterne kunne have nægtet at samarbejde.”

Men det gik godt. I dag er der stort set heller ikke salmonella i danske æg.

Samtidig har Fødevareinstituttet (en del af Danmarks Fødevareforskning før fusionen med DTU) udviklet sig til at være kontrolcenter for hele verdens overvågning af salmonella.

I 1999 var Henrik Wegener udstationeret i WHO i Geneve som ”seconded national expert”, udsendt af Danmark. Her var han med til at

oprette det globale program for overvågning og bekæmpelse af salmonella, Global Salmonella Surveillance Programme (GSS). Programmet, som også gennemfører træning og kompetenceopbygning, omfatter nu mere end 150 lande, og Fødevareinstituttet spiller en central rolle med et team på 3-4 medarbejdere tilknyttet.

En af de tungeste samarbejdspartnere er det føderale amerikanske seruminstitut, Centers for Disease Control and Prevention (CDC). Vicedirektør Robert Tauxe udtaler til DYNAMO:

”Vi har et løbende samarbejde med Fødevareinstituttet, og det værdsætter vi meget. Instituttets nuværende direktør, Henrik Wegener, tog sammen med en af vore medarbejdere initiativ til den globale salmonella-overvågning i WHO-regi. Det har vist sig at være et meget udbytterigt program.”

Robert Tauxe tilføjer, at den danske indsats, ikke mindst ledelsen af kvalitetssikringen og den internationale salmonella database, er et vigtigt bidrag til den globale sundhed. <

## ET LYSENDE EKSEMPEL

WHO: Danmark har en stor rolle at spille for den fremtidige udvikling af global fødevarer sikkerhed

TINE KORTENBACH >

”Danmark har en masse erfaring præcis inden for de områder, vi efterlyser internationalt. Jord-til-bord har været et internationalt mantra siden 2000, og salmonellakampagnen i Danmark er et af de mest lysende eksempler på, hvorfor og hvordan dette princip virker. Andre lande er begyndt at gøre noget lignende.”

Jørgen Schlundt, lederen af Food Safety Department i WHO, roser den danske indsats mod salmonella. Til gengæld lægger han heller ikke skjul på, at Danmark kunne være bedre til at kommunikere i internationale sammenhænge.

”Hvis den danske indsats blev dokumenteret og promoveret internationalt, ville den få meget høje karakterer,” konstaterer han og uddyber:

”Hele ideen om et zoonose-center, hvor data fra produktions- og detailed kan sammenholdes med data fra patienter, er i princippet en dansk opfindelse. I EU-sammenhæng kan man også sige, at store dele af diskussionen, der ledte frem til et fælles zoonose-direktiv, har sit udgangspunkt i Danmark.”

”Globalt set vil det have utroligt stor betydning, at Danmark nu også er gået i offensiven med hensyn til importerede fødeva-





FOTO: COLGEBOX

## DEN GLOBALE FØDEVARESikkerhed

For mange tredjeverdens lande kan salmonellaproblemet virke ubetydeligt i sammenligning med deres andre problemer.

"Men ofte viser det sig, at mange af de diarréproblemer, som man tilskriver dysenteri, i virkeligheden skyldes salmonella eller campylobacter. Det bliver bare aldrig testet," forklarer Henrik Wegener

"Faktisk skyldes udbrud af salmonella i disse lande sjældent kød og æg. Synderen er ofte frugt, grønt og skaldyr."

Dagspressens omtale af folk, der er blevet syge af rå babymajs fra Thailand, er et af de nyeste eksempler på, at der kan være smitstoffer i importerede fødevarer.

"Det drejer sig i dette tilfælde om shigella, en form for dysenteribakterie. I modsætning til salmonella overføres den ikke fra dyr men fra menneskeafføring. I andre tilfælde har der imidlertid været salmonella i importeret frugt og grønt."

Det skyldes, at det er en almindelig praksis i disse lande at vande markerne med spildevand og andet urent vand. Fødevarerinstitutionen på DTU får derfor rigeligt at se til i fremtiden også.

"Vi vil meget gerne kunne spise rene fødevarer fra eksotiske lande, og samtidig vil vi gerne kunne eksportere fødevarer til hele verden. Derfor er det vigtigt at have styr på fødevarerensikkerheden globalt," slutter Henrik Wegener.

rer og salmonella. Danmark vil nu – endda inden for EU – kunne stoppe import fra andre lande med henvisning til forøget salmonellarisiko."

"I WHO mener vi, at denne udvikling vil forekomme oftere i fremtiden. Vi har så et ansvar for at hjælpe især udviklingslande med at opfylde fremtidens krav. Vi mener ikke, at man bør støtte ulande ved at slække krav i ilande, men netop ved at støtte og guide udviklingen af nationale systemer for fødevarerensikkerhed i resten af verden."

"Tendensen til at fokusere på importerede fødevarer har nu bredt sig til en række andre lande, inklusive USA. Det er vigtigt at fastholde, at sådanne potentielle importrestriktioner skal være baseret på reelle, videnskabeligt vurderede data," understreger Jørgen Schlundt.

På spørgsmålet om, hvor han i fremtiden ser de største udfordringer i kampen mod salmonella, svarer han, at problemet nødvendigvis skal betragtes globalt.

"Det er ikke nok at gøre noget ved problemet i Danmark, Sverige, Norge og Holland. Andre lande bør hjælpes til at erkende 1) at der er et stort problem i alle lande, 2) at relativt simple metoder byggende på jord-til-bord principper kan hjælpe til at nedbringe problemet drastisk, og 3) at alt dette er fornuftigt sundhedsmæssigt såvel som økonomisk."

"Danmark har data på alle disse områder." <

**I** YDERLIGERE OPLYSNINGER

Institutdirektør Henrik Wegener, [hcw@food.dtu.dk](mailto:hcw@food.dtu.dk)

[www.who.int/foodsafety](http://www.who.int/foodsafety)

[www.efsa.europa.eu/en/science/monitoring\\_zoonoses/reports/1541.html](http://www.efsa.europa.eu/en/science/monitoring_zoonoses/reports/1541.html)

# DTU'S LEDELSE OG ORGANISATION

DTU ledes af bestyrelsen og rektor. Bestyrelsen er øverste ledelsesniveau, og den daglige drift varetages af rektor, der leder direktionen. Hvert af DTU's institutter har en institutdirektør eller centerdirektør

## DIREKTION



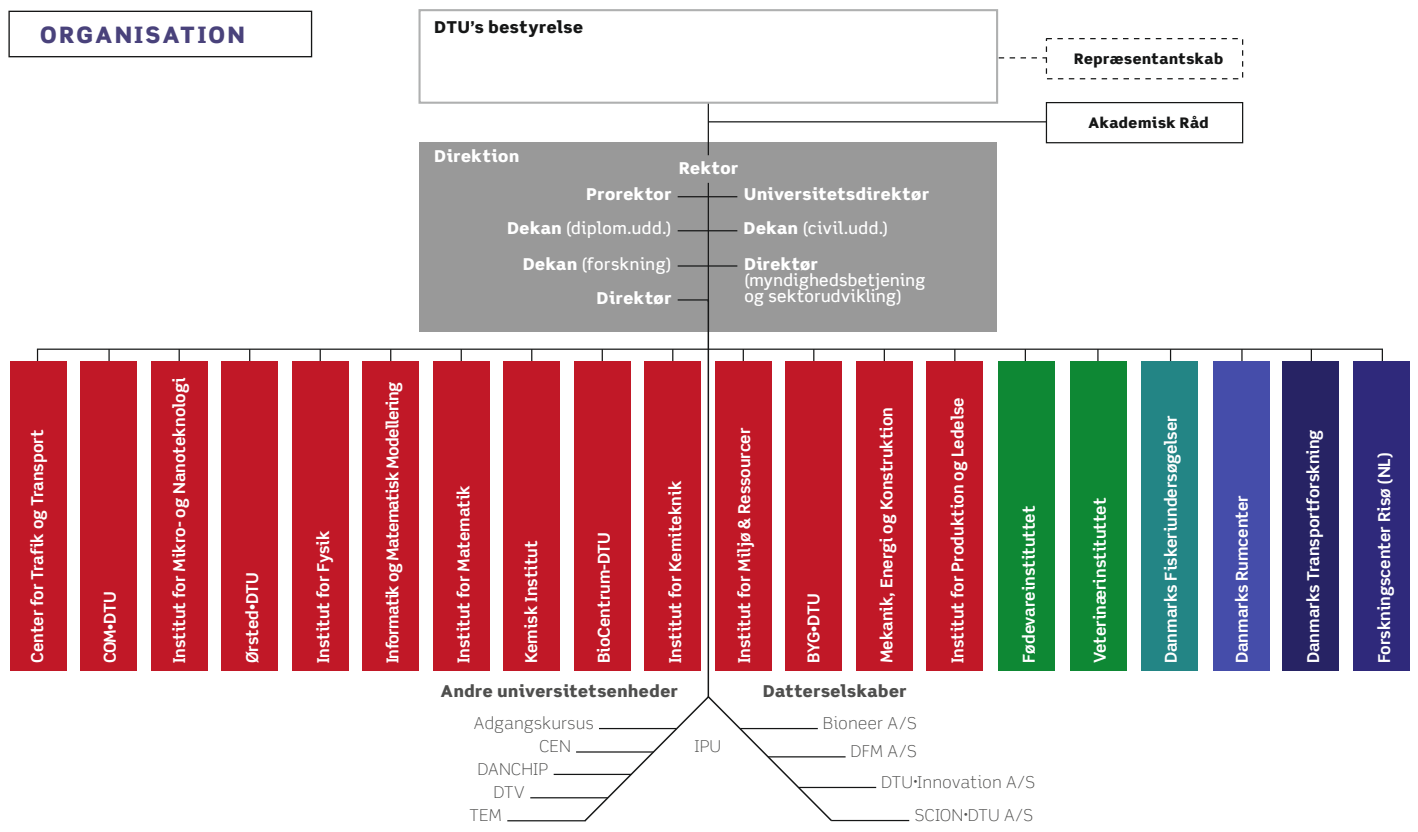
Forreste række fra venstre: Uddannelsesdekan Gunnar Mohr, prorektor Knut Conradsen, rektor Lars Pallesen og uddannelsesdekan Helge Elbrønd Jensen. Bagerste række fra venstre: Direktør for myndighedsbetjening og sektorudvikling Niels Axel Nielsen, konstitueret institutdirektør Jørgen Kjems, universitetsdirektør Claus Nielsen og forskningsdekan Kristian Stubkjær.

**BESTYRELSE**



Forreste række fra venstre: Dan Rosbjerg, Greta Jakobsen, Mogens Bundgaard-Nielsen (formand), Ann Mirjam Fugl-Meyer, Alf Duch-Pedersen, Birgit W. Nørgaard. Bagerste række fra venstre: Finn Helmer, Erik Bisgaard Madsen, Merete Bolgann, Allan Hornstrup, Henrik Ringgaard Pedersen, Mads Krogsgaard Thomsen, Anne Marie Lassen-Nielsen, Jens Rostrup-Nielsen, Elsebeth Budolfsen.

**ORGANISATION**



## INSTITUTTER M.M.

### BIC · BIOCENTRUM-DTU

Biobrændstoffer: energi fra biomasse · Fødevareproduktion, -bioteknologi, -kvalitet og -sikkerhed · Industriel bioteknologi: cellen som kemisk fabrik · Bioinformatik og systembiologi, herunder nutrigenomics og immunologi · Udvikling af nye lægemidler mod infektionssygdomme



OLE FILTENBORG, institutdirektør  
of@biocentrum.dtu.dk · Tlf. 45 25 26 20

### CTT · CENTER FOR TRAFIK OG TRANSPORT

Intelligente transportsystemer · Transportoptimering · Design af transportnetværk · Maritim logistik · Logistik og transport · Trafik- og transportmodeller · Geografiske informationssystemer · Beslutningsmodeller og vurderingsmetoder · Kollektiv trafik · Jernbaner · Trafikinformatik · Trafikteknik · Trafikplanlægning · Trafiksimulationsmodeller · Road pricing



OLI G. MADSEN, centerdirektør  
ogm@ctt.dtu.dk · Tlf. 45 25 15 26

### BYG·DTU · INSTITUT FOR BYGGERI OG ANLÆG

Bygningsprojektering · Konstruktioner i beton, stål, træ, glas og tegl · Byggematerialer · Geoteknik og ingeniørgeologi · Brandteknik · Bygningsinstallationer, -fysik og -energi · Solvarme · Byledelse · Planlægning og ledelse af byggeri · Facilities Management · Arktisk teknologi



JACOB STEEN MØLLER, institutdirektør  
jasm@byg.dtu.dk · Tlf. 45 25 17 46

### DANCHIP

Offentligt, nationalt laboratorium inden for mikro- og nanoteknologi med adgang for både akademiske og industrielle brugere · Aktiviteter er rettet mod både forskning, uddannelse, udvikling og produktion, ligesom der er vægt på innovation og teknologioverførsel



MOGENS RYSHOLT POULSEN, direktør  
mrp@danchip.dtu.dk · Tlf. 45 25 57 02

### CEN · CENTER FOR ELECTRON NANOSCOPY

CEN vil rumme en unik klynge af 7 elektronmikroskoper. Centeret etableres i en ny specialdesignet bygning 314. CEN's faciliteter skal primært støtte ultraavanceret forskning og uddannelse inden for nanoteknologi og materialeteknologi på DTU.



RAFAL DUNIN-BORKOWSKI, direktør  
rd@cen.dtu.dk · Tlf. 45 25 64 65

### DFU · DANMARKS FISKERIUNDERSØGELSER

Bæredygtig udnyttelse af havet og de ferske vandes levende ressourcer · Bestandsvurdering og -prognoser · Fiskeriteknologi og miljøskånsomme redskaber · Metoder og systemer til bæredygtig akvakulturproduktion · Fiskeprodukters sikkerhed, kvalitet og holdbarhed · Kvalitetssikrings-systemer og sporbarhed · Forvaltning af rekreativt fiskeri · Forskningsbaseret rådgivning til Fødevareministeriet og andre offentlige myndigheder



FRITZ KÖSTER, konstitueret institutdirektør  
fwk@difres.dk · Tlf. 33 96 33 50

### COM·DTU · INSTITUT FOR KOMMUNIKATION, OPTIK OG MATERIALER

Kommunikationsteknologi · Billed- og linjekodning samt modulation · Netværk og teletrafikteori · Systemer, optisk kommunikation · Optiske lysledere og specialfibre · Optisk signalbehandling, ulineær optik · Nanofotonik, optisk karakterisering, kvanteoptik · Biomedicinske og industrielle anvendelser af optik · Optiske sensorer og sensorsystemer



ANDERS BJARKLEV, institutdirektør  
ab@com.dtu.dk · Tlf. 45 25 38 09

### DRC · DANMARKS RUMCENTER

Nationalt center for rumforskning, geodæsi og rumfartsteknologi med tilhørende myndighedsbetjening, især i forhold til Danmarks medlemskab af European Space Agency (ESA) · Astrofysik og planetfysik · Observation og overvågning af Jorden · Klima og kryosfære · Tyngde- og magnetfelter · Geodætiske referencemodeller · GPS/GALILEO · GIS · Satellitmissioner og måleinstrumenter (optisk, radar, røntgen og magnetisk)



EIGIL FRIIS-CHRISTENSEN, direktør  
efc@space.dtu.dk · Tlf. 35 32 57 07

**DTF · DANMARKS TRANSPORTFORSKNING**

Transportøkonomi og -politik · Trafikpsykologi og trafik-sikkerhed · Modellering af passager- og godstransport samt trafikantadfærd · Bæredygtig transport · Markeder og regulering · Værdisætning af rejsetid · Cost Benefit analyse · Ulykkesanalyse og forebyggelse · Unge bilisters risikofaktorer · Sikker mobilitet for ældre · Alkohol i trafikken · Jernbanesikkerhed



**NIELS BUUS KRISTENSEN**, direktør  
nbu@dtf.dk · Tlf. 45 25 65 00

**IMM · INFORMATIK OG MATEMATISK MODELLERING**

Scientific computing · Matematisk statistik · Grafik og billedanalyse · Intelligent signalbehandling · Operationsanalyse · Indlejrede software- og hardware-systemer · Sikre og pålidelige it-systemer · Software engineering · Algoritmik, logik og videnbaserede systemer · Tjenester og net · Informations-systemer · Marked og politik



**KAJ MADSEN**, institutdirektør  
km@imm.dtu.dk · Tlf. 45 25 33 70

**FOOD · FØDEVAREINSTITUTTET**

Forskning inden for mikrobiologisk og kemisk fødevarer-sikkerhed, human ernæring samt miljø og sundhed · Risiko-vurdering og rådgivning for myndigheder og erhverv · Overvågning og diagnostik · Uddannelse og træning · Nationalt og internationalt referencelaboratorium for bl.a. EU og Verdenssundhedsorganisationen · Nationalt fødevarer-sikkerhedsberedskab.



**HENRIK CASPAR WEGENER**, institutdirektør  
hcw@food.dtu.dk · Tlf. 72 34 74 11

**IPL · INSTITUT FOR PRODUKTION OG LEDELSE**

Materialeteknologi og -udvikling · Mikro/Nano produktion og procesudvikling · Produktions- og virksomhedsledelse · Innovation og bæredygtighed



**PER LANGÅ JENSEN**, konstitueret institutdirektør  
per.langaa@ipl.dtu.dk · Tlf. 45 25 48 00

**FORSKNINGSCENTER RISØ**

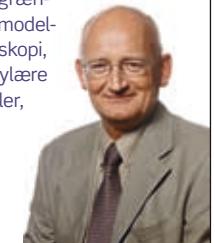
Nationallaboratorium · Forfølger strategiske, nationale og internationale mål inden for bæredygtig energi. Målene udvikles i tæt samarbejde med eksterne partnere · Har endvidere fokus på sundhedsrelateret teknologi, innovation og uddannelse.



**HENRIK BINDSLEV**, konstitueret direktør  
henrik.bindslev@risoe.dk · Tlf. 46 77 46 02

**KI · KEMISK INSTITUT**

Bæredygtig og grøn kemi: Katalysatorer, miljøvenlig og resur-seeffektiv kemi ud fra fornybare materialer · Kemi på græn-sen til biologi: Lægemidler, molekylodynamik, computermodel-lering, metalloproteiner · Nano: Scanning-probe mikroskopi, elektrokemi og elektronik med enkeltmolekyler, molekylære film · Kemi i fremtidens energisamfund: Brændselsceller, vandeletrolyse, brintlagring, fornybare brændstoffer, røggasrensning · Analyse: Kvalitetssikring, retskemi



**OLE W. SØRENSEN**, institutdirektør  
ows@kemi.dtu.dk · Tlf. 45 25 24 06

**FYS · INSTITUT FOR FYSIK**

Eksperimentel overflade- og nanomaterialefysik · Teoretisk atomar-skala fysik · Biofysik og komplekse systemer · Kvantefysik og informationsteknologi · Optik



**HANS L. SKRIVER**, konstitueret institutdirektør  
skriver@fysik.dtu.dk · Tlf. 45 25 31 76

**KT · INSTITUT FOR KEMITEKNIK**

Kemisk og biokemisk processteknik · Matematisk modellering og modelanalyse · Separationsprocesser · Teknisk termodynamik · Reaktionsteknik · Enzymteknologi · Katalyse og Bio-katalyse · Forbrænding og forebyggelse af forurening · Procesregulering og -simulering · Miljøbeskyttelse · Polymerer · Olie- og gasteknologi · Design af kemiske og bioteknologiske produkter



**KIM DAM-JOHANSEN**, institutdirektør  
kdj@kt.dtu.dk · Tlf. 45 25 28 45

**MAT · INSTITUT FOR MATEMATIK**

Geometri ·  
Dynamiske systemer ·  
Kodningsteori · Kryptologi ·  
Topologioptimering ·  
Anvendt funktionalanalyse



**MARTIN P. BENDSØE**, institutdirektør  
m.p.bendsoe@mat.dtu.dk · Tlf. 45 25 30 45

**M&R · INSTITUT FOR MILJØ & RESSOURCER**

Vandressourcer · Jord- og grundvandsforurening ·  
Miljøteknologi · Miljømikrobiologi · Fast affald ·  
Spildevand · Vandforsyning · Geokemi ·  
Afværgeteknologi · Økotoksikologi · Miljøkemi ·  
Energi og mineralstoffer · Bæredygtighed ·  
Bioenergi · Mikrobiel økologi



**MOGENS HENZE**, institutdirektør  
moh@er.dtu.dk · Tlf. 45 25 14 77

**MEK · INSTITUT FOR MEKANIK, ENERGI OG KONSTRUKTION**

Faststofmekanik · Fluidmekanik ·  
Energisystemer · Energiomsætning ·  
Indeklima · Konstruktion ·  
Produktudvikling · Maritime konstruktioner ·  
Vandbygning



**HENRIK CARLSEN**, konstitueret institutdirektør  
hc@mek.dtu.dk · Tlf. 45 25 41 71

**VET · VETERINÆRINSTITUTTET**

Forskning og udvikling af diagnostiske tests og vacciner,  
forskning i sygdomsudvikling, mikrobiologi, immunologi, vac-  
cinologi og epidemiologi · Huser internationalt forsknings-  
center for veterinær epidemiologi (International EpiLab) ·  
Nationalt og EU/OIE referencelaboratorium for husdyr-  
sygdomme · Koordinerer den nationale overvågning af  
veterinær medicinanvendelse (Vetstat) · Ansvarlig for  
det laboratoriemæssige veterinære beredskab



**KRISTIAN MØLLER**, institutdirektør  
krm@vet.dtu.dk · Tlf. 72 34 61 89

**MIC · INSTITUT FOR MIKRO- OG NANOTEKNOLOGI**

Mikroelektromekaniske systemer ·  
Procesteknologi · Optiske sensorer ·  
Biosensorer · Teoretisk nanoteknik ·  
Laboratorium på chip · Bioteknologi ·  
Nanoteknologi



**PIETER TELLEMAN**, institutdirektør  
director@mic.dtu.dk · Tlf. 45 25 57 57

**ØRSTED·DTU**

Akustisk teknologi · Automation ·  
Elektronik og elektromagnetiske systemer ·  
Elteknologi · Medikoteknik



**JØRGEN KJEMS**, konstitueret institutdirektør  
jkj@oersted.dtu.dk · Tlf. 45 25 36 81

# DET SKER PÅ DTU

TID OG STED	AKTIVITET	ARRANGØR	INFO
5. december kl. 9-17 Oticon Salen DTU campus	<b>Produktudviklingsdagen 2007</b> De fire hovedtemaer vil være: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Innovation og entreprenørskab</li> <li>• Fra projekttænkning til produkttænkning</li> <li>• Iscenesættelse af innovation</li> <li>• Fra forskning til innovation</li> </ul>	IPU	www.ipu.dk
18. december kl. 11-11.45 bygning 421 auditorium 72 DTU campus	<b>The 2007 DCAMM Annual Seminar</b> Bucklewaves, Coupled Axial Wave Propagation and Lateral Buckling. Speaker: John W. Hutchinson, Visiting Professor, Department of Mechanical Engineering, DTU, and Abbott and James Lawrence Professor of Engineering, School of Engineering and Applied Sciences, Harvard University, USA.	MAT	www.dcam.dk k.haugland@mat.dtu.dk
18. december kl. 15-15.45 bygning 101 Glassalen DTU campus	<b>The 2007 DCAMM Annual Seminar</b> Designing structures against intense dynamic loads. Speaker: John W. Hutchinson, Visiting Professor, Department of Mechanical Engineering, DTU, and Abbott and James Lawrence Professor of Engineering, School of Engineering and Applied Sciences, Harvard University, USA.	MAT	www.dcam.dk k.haugland@mat.dtu.dk
18. januar 2008 Kl. 9-15 bygning 305, rum 53 DTU campus	<b>Seminar: Problemløsning</b> I anledning af at dr. techn. ph.d., ingeniør, kultursociolog og billedkunstner Victor Vidal fratræder sin stilling på DTU, afholdes et fagligt seminar og en efterfølgende reception. Tilmelding er nødvendig.	IMM	Victor Valqui Vidal vqv@imm.dtu.dk
8.-10. april 2008 Oticon salen DTU campus	<b>DTU RoboCup 2008</b> Testkørsel, kvalifikationsrunde og finale.	Ørsted	Ole Ravn robocup@oersted.dtu.dk 4525 3560 www.dtu.dk/subsites/robocup.aspx
17.- 22. august 2008 DTU campus	<b>Indoor Air 2008</b> The 11th Indoor Air Conference will be a multidisciplinary conference involving participants from the medical, engineering, architectural and related fields. The Congress will cover all aspects of indoor air and climate and its influence on people's health, comfort and productivity.	MEK	Snjezana Skocajic 45 25 40 07 info@indoorair2008.org www.indoorair2008.org

# DET BLI'R I FAMILIEN

I familien Porotnikoff har to generationer valgt ingeniørfaget – og en tredje er måske på vej

JULIANE OLSEN >

Et eksemplar af Scientific American og en udgave af "The Trouble with Physics" ligger på kaffebordet ved siden af sofaen i stuen. Under de bløde hynder er stolebenene plantet i et tykt tæppe. Tre manderøster blander sig med én kvindestemme, som igennem et helt liv har fået erfaring i at udtale alle ordene korrekt. Den 84-årige Olga Porotnikoff sidder værtinde ved stuebordet med sine mandlige familiemedlemmer: en søn, en svigersøn og en nevø.

Alle er de ingeniører fra DTU, og alle er de kommet for at fortælle, hvad der i sin tid vakte interessen for ingeniørfaget. Matriarken Olga Porotnikoff er født 1923 som datter af en sibirisk indvandrer og en dansk mor. Hun lægger ud med at fortælle om sin studietid på Polyteknisk Læreanstalt i 1940'erne.

"Det var et spændende studiemiljø med mange begavede studerende, som jeg kunne have spændende diskussioner med. Adgangskvotienterne var høje, og derfor var det kun de bedste, der kom ind. Men det var

også lidt af et kulturchok. Jeg begyndte blandt andet at bande," siger Olga Porotnikoff med et smil og henviser til den overvægt af mandlige studerende, der var dengang. Det var også midt i en krigstid, og det kunne Olga Porotnikoff og de andre studerende godt mærke i undervisningen.

"Vores kemiske øvelser blev udført med halve mængder af det hele, fordi vi skulle rationere. I 1944 måtte vi forlade læreanstalten. Der var nogle norske studerende, der var blevet "taget" af tyskerne, som man kaldte det, og man frygtede for vores sikkerhed. Enkelte af vores studiekammerater og en af mine undervisere i matematik, som jeg holdt meget af, måtte ligeledes flygte til Sverige."

Hun dimitterede som kemiingeniør i 1947.

## Kemi er fascinerende!

Blandt de mange mandlige kemiingeniørstuderende fandt Olga Porotnikoff en kæreste, som hun senere blev gift med. Et af børnene, sønnen Erling Jelsø, kan ikke afvise, at han

var påvirket hjemmefra, da han valgte at læse til kemiingeniør.

"Gennem min skoletid var jeg især dygtig i de naturvidenskabelige fag. Det har jeg selvfølgelig ikke fra fremmede, da begge mine forældre er ingeniører, og jeg syntes, kemi var et bredt fag, som man kunne bruge til mange ting."

"Jamen altså! Kemi er bare så fascinerende," bryder Olga Porotnikoff ind henvendt til de to kemiingeniører i stuen. Svogrene Erling Jelsø og Per Homann Jespersen kendte hinanden fra kemiingeniørstudiet, før de kom i familie. De var begge organiseret i studenterpolitiske aktiviteter. Her arbejdede de for at styrke samfundsfagsundervisningen på ingeniørstudiet og bevidstheden om teknologiens konsekvenser for miljøet.

"Og jeg synes simpelthen, at det var så flot, at I fik sat skik på de dårlige undervisere! Dem var der ikke rigtigt noget at gøre ved i min studietid," konstaterer Olga Porotnikoff.

Nevøen Michael Porotnikoff er uddannet i 1982, hvor det var nye tider,



Til gavn og glæde for mere end  
30.000 alumner fra DIA, DTH og DTU



FOTOS: PHOTOSHUT/OK

Olga Porotnikoff har aldrig villet stå i skyggen af mænd: "Da jeg blev gift, var der ramaskrig over, at jeg ville beholde mit efternavn, Porotnikoff, men jeg stod fast. Mit navn er en del af min identitet, og den ville jeg ikke give fra mig."

der lokkede ham til at blive svagstrømsingeniør.

"Jeg læste til ingeniør, fordi jeg var fascineret af regnemaskiner og alt den elektronik, der efterhånden brød frem overalt," siger Michael Porotnikoff, der i dag arbejder med software i firmaet Himsa.

Fascinationen ved elektronik er også blevet i familien. Olga Porotnikoffs fladskærms-tv breder sig på væggen over dvd-afspilleren, og som noget helt selvfølgeligt benytter hun computer og mobiltelefon.

"Den nye elektronik gør alting nemmere. Det har slet ikke været svært at lære. Som ingeniør er du nødt til at følge med tiden og benytte dig af de muligheder, du har for blandt andet at kommunikere med omverdenen."

### Rejser og svampeture tilfælles

Med alle de ingeniører i familien kunne man sagtens forestille sig, at snakken ville centrere i én bestemt retning ved familiesammenkomsterne, men det afviser de alle.

"Vi har mange andre interesser som for eksempel musik. Det ville jo ikke være udholdeligt, hvis vi bare var tørre ingeniører hele tiden. Vi rejser meget og tager på svampeture sammen. Michael og jeg har fascinationen ved sten og fossiler tilfælles," siger Olga Porotnikoff om sammenholdet i familien. Hun snakker med begejstring i stemmen videre om den næste udlandsrejse, de skal gøre sammen. Selv om hun i mange år var gift med en ingeniør, havde også de mange andre ting at fylde ægteskabet ud med end netop deres arbejde.

"Der er jo den fordel, når man er gift med en ingeniør, at man er tolerant over for hinandens arbejdstider, og at man kan bruge hinanden som sparingspartner. Min mand og jeg havde dog også mange andre interesser tilfælles som eksempelvis netop musik, men også kosmologi, som jo ikke nødvendigvis behøver at have noget med ingeniørfaget at gøre."

### De unge

Om den nye generation af ingeniører er de alle enige: De brænder mindre.

"Jeg har indtryk af, at nogle af de nye studerende ikke har noget kald. Det kunne lige så godt være den ene uddannelse som den anden," siger Michael Porotnikoff, der selv har børn i den uddannelsessøgende alder. Olga Porotnikoff er enig. >>



Olga Porotnikoff og de tre andre ingeniører i familien: Fra venstre svigersønnen Per Homann Jespersen, nevøen Michael Porotnikoff og sønnen Erling Jelsøe, fotograferet på altanen ved boligen i Vanløse.

"De brænder simpelthen mindre. I min tid var det ikke velset at gå hjem fra arbejde klokken 16. Det er der mange, der gør i dag."

### Tredje generation

Ikke desto mindre lurer der en tredje generation af ingeniører i kulissen. Michael Porotnikoff afslører, at hans datter er fascineret af matematik og er interesseret i at søge ind på DTU.

"Det glæder mig!" udbryder Olga Porotnikoff stolt og klapper sin nevøs arm. Selv er Michael Porotnikoff også ganske tilfreds.

"Jeg synes, det er fint, hvis hun kan magte det og har energien til det. Hun skal jo være indforstået med, at hun skal give afkald på en stor del af sin fritid, men det tror jeg også sagtens, at hun kan."

Det har aldrig været nogen hemmelighed, at man ikke kommer sovende gennem sit studium på DTU, men snakken med de fire mennesker i stuen er vidnesbyrd om, at studietiden er umagen værd. <

## JAGTEN PÅ FORSVUNDNE ALUMNER

Selv om Alumnenetværket er god til at vedligeholde kontakten til 30.000 DTU-alumner, er der stadig nogle, som vi ikke kan finde. Derfor beder vi nu netværkets medlemmer om at give en hånd med

PETER HOFFMANN >

"DTU har kontakt med rigtig mange alumner, der er uddannet fra DTU og tidligere DTH og DIA. Faktisk har vi postadresse på ca. 30.000 af dem, hvor nogle af dem blev uddannet helt tilbage i 1936. Men der er stadig mange, som vi ikke kan komme i kontakt med – det er de såkaldt forsvundne," siger leder af Alumnenetværket, Gitte Andresen.

Det drejer sig om et par tusinde, hvoraf størstedelen i dag sandsynligvis bor i udlandet, og det er særligt ældre alumner, som DTU ikke har registreret i databasen.

Men medlemmer af Alumnenetværket kan gøre rigtig meget for at hjælpe DTU med at komme i kontakt med "forsvundne" alumner. Nu opfordrer Alumnesekretariatet dem til at klikke sig ind på hjemmesiden og hjælpe til.

"Vi har lagt informationerne ud på vores hjemmeside. Nu kan alle medlemmer gå ind og se, om de kender nogle af de personer, vi har lagt på

Til gavn og glæde for mere end  
30.000 alumner fra DIA, DTH og DTU

"forsvundne"-listen. Hvis de ved, hvor folk er, eller hvordan vi får fat på dem, beder vi dem kontakte os," siger Gitte Andresen.

### Hjælpsomme alumner

Heldigvis plejer DTU's alumner gerne at ville hjælpe med adresseoplysninger på forsvundne.

"Det ser vi f.eks. ofte i forbindelse med afholdelse af jubilæumstræf. Her gør alumnerne gerne en meget stor indsats ved at bidrage med adresser, så alle kan blive inviteret."

Adresserne og andre kontaktoplysninger er vigtige, fordi Alumne-netværket bruger dem til at udsende informationer og invitationer til alumnerne.

Oplysningerne er særdeles nyttige for medlemmerne, når de ønsker at genoptage eller udvikle kontakten til andre medlemmer. Hvis det overhovedet er muligt, forsøger Alumnesekretariatet at agere kontaktfordrager mellem parterne.

"Der kan være mange gode årsager til, at det kan være en fordel at kunne finde frem til vore alumner. Det kan for eksempel være en studiekammerat, der finder ud af, at det kunne være spændende at genoptage kontakten. Eller medier, der søger alumneprofiler. For nylig er vi også blevet kontaktet af detektivprogrammet Sporløs, der gerne ville i kontakt med en alumne," siger Gitte Andresen.

Hun understreger, at Alumnesekretariatet aldrig udleverer kontaktoplysninger på alumnerne.

"Nej, det gør vi aldrig. I stedet tager vi kontakt til alumnerne, og så er

det op til dem, om de ønsker at være med," siger hun.

### Gensyn efter 25 år

Niels Anker Jørgensen kan berette om et eksempel på, at Alumnesekretariatet skabte positiv kontakt mellem studiekammerater efter 25 år.

"Alumne-netværket fik jeg kontakt til, da jeg ville samle op på det sociale liv fra "Diagonalen", som var fælleslokalet i bygning 373 på DTU. Her tilbragte vi studerende mange frikvarterer med at spille Yatzy, og for et års tid siden fik jeg den idé at forsøge at samle rafleklubben til et 25-års jubilæum.

"Jeg kunne ikke umiddelbart finde nogle af adresserne på mine tidligere studiekammerater, men det lykkedes at samle Diagonalens Yatzy-klub med hjælp fra Alumne-netværkets sekretariat, og det runde jubilæum blev afholdt med stor succes – selv en udlandsfarer fra USA kom forbi." <

*Vær med til at hjælpe endnu flere studiekammerater, kolleger og venner med at finde hinanden. Klik ind på listen på [www.alumne.dtu.dk](http://www.alumne.dtu.dk) og se, om du kan hjælpe os med at finde kontaktinformationer på forsvundne alumner.*

**!** YDERLIGERE OPLYSNINGER:  
[alumne@dtu.dk](mailto:alumne@dtu.dk) eller tlf. 4525 1111

## KORT NYT

### Jubilæumstræf:

- 50-års jubilæum for alumner fra 1958. Den 24. januar 2008.
- 40-års jubilæum for alumner fra 1968. Den 6. maj 2008.
- 60+ jubilæum for alumner dimitteret i 1948 eller tidligere. Den 19. juni 2008.
- 10-års jubilæum for alumner fra 1998. Den 26. september 2008.
- 25-års jubilæum for alumner fra 1983. Den 6. november 2008.

Jubilæumstræffene danner ramme om gensyn med studiekammerater og DTU og foredrag om nyeste udviklingstendenser og forskningsresultater, som forhåbentlig inspirerer til frugtbar debat.

Arrangementerne planlægges sammen med repræsentanter fra årgangen. Andre med tilknytning til årgangen, men som er dimitteret før eller senere, er meget velkomne.

### Dimittendreceptioner

- For nye diplomingeniører. Den 27. marts 2008.
- For nye civilingeniører. Den 10. april 2008.
- For nye diplomingeniører. Den 18. september 2008.
- For nye civilingeniører. Den 6. november 2008.

Dimittendreceptionerne er for de nye dimittender, deres familie og undervisere fra studiet.

**!** YDERLIGERE OPLYSNINGER:  
[www.alumne.dtu.dk](http://www.alumne.dtu.dk)

**UDGIVER** > DANMARKS TEKNISKE UNIVERSITET, ANKER ENGELUNDS VEJ 1, 2800 KGS. LYNGBY. TLF. 45 25 25 25. WWW.DTU.DK.  
**ANSV. CHEFREDAKTØR** > DAN JENSEN. **REDAKTØR** > TINE KORTENBACH, TLF. 45 25 10 20, TIK@ADM.DTU.DK.  
**ABONNEMENT** > DYNAMO@DTU.DK. MAGASINET UDKOMMER FIRE GANGE OM ÅRET. **DESIGN & TRYK** > DATAGRAF. ISSN > 1604-7877.  
**FORSIDE** > FOTOKOLLAGE AF KLIMAPROBLEMATIKKEN. FOTOS: SCANPIX, JAKOB DALL, VATTENFALL

